

**FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS  
ORGÁNICOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES EN PEQUEÑAS GRANJAS  
AGRÍCOLAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**MARÍA CAMILA CHINCHILLA ALBARRACÍN  
ID: 372833**

**Director  
Angélica María Muskus Morales  
Profesora Facultad de Ingeniería Ambiental  
Universidad Pontificia Bolivariana**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
2021**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de culminar mis estudios, por guiarme para cumplir cada un de las metas que me he propuesto y por demostrarme su infinito amor al poner en mi camino tantas personas maravillosas que me enseñan a ser una mejor persona.

También quiero agradecer a todos los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana que con mucha dedicación han aportado para adquirir mis conocimientos, sobre todo, quiero agradecer a mi tutora Angélica María Muskus por su colaboración y orientación en la realización de este proyecto de grado. De igual manera, quiero agradecer a mis compañeros por su apoyo y su amistad.

Por último, quiero agradecer a mi familia por apoyarme siempre para que yo pueda cumplir mis sueños; gracias a mi madre Nancy Albarracín por ser el pilar de mi vida y sacar adelante esta hermosa familia, sin ella nada sería posible. Y gracias a mi hermosa perrita Chloe por pasar junto a mi cada noche de estudio y por darle a mi corazón tanta felicidad.

## Tabla de contenido

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>15</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>17</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>18</b>
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
<b>Marco teórico .....</b>	<b>19</b>
<b>1. Residuos sólidos .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Clasificación de los residuos sólidos .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Composición de residuos agrícolas.....</b>	<b>20</b>
3.1. Celulosa.....	21
3.2. Hemicelulosa.....	21
3.3. Lignina.....	21
<b>4. Generalidades de los principales grupos de hongos.....</b>	<b>21</b>
<b>5. Principales grupos de hongos .....</b>	<b>22</b>
5.1. Zigomicetos .....	22
5.2. Basidiomicetos.....	22
5.3. Ascomicetos.....	22
<b>6. Hongos comestibles .....</b>	<b>23</b>
<b>7. Taxonomía de los hongos comestibles .....</b>	<b>23</b>
1.1. Color.....	23
1.2. El píleo .....	24
1.3. El estípite.....	24
1.4. Presencia y forma de la volva .....	24
1.5. Estructuras que forman el himenio.....	24
1.6. Sabor y olor .....	24
<b>8. Etapas del cultivo de hongos comestibles .....</b>	<b>24</b>
<b>9. Requerimientos fisicoquímicos .....</b>	<b>25</b>
9.1 Temperatura.....	25
9.2 Humedad .....	25
9.3 Ventilación .....	25
9.4 Luminosidad.....	25
9.5 pH .....	26

9.6	Oxígeno .....	26
<b>Metodología.....</b>		<b>27</b>
<b>1. Analizar la información correspondiente a las características requeridas para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles. ....</b>		<b>27</b>
1.1.	Estudiar las propiedades de las especies de hongos comestibles.....	27
1.2.	Seleccionar las especies de hongos comestibles de acuerdo con sus características.....	27
1.3.	Definir las principales características del cultivo de las especies de hongos comestibles .....	27
1.4.	Identificar los sistemas de cultivo de hongos.....	27
<b>2. Plantear estrategias para la ejecución de cultivos de hongos comestibles de acuerdo con los residuos agrícolas disponibles en las granjas seleccionadas. ....</b>		<b>27</b>
2.1.	Selección de granjas.....	27
2.2.	Identificar los residuos agrícolas producidos en cada una de las granjas seleccionadas .....	28
2.3.	Detallar el aporte nutricional de cada uno de los residuos .....	28
2.4.	Definir combinaciones de sustratos para el cultivo .....	28
2.5.	Definir el sistema de cultivo apropiado para asegurar el crecimiento del hongo.....	28
2.6.	Establecer las condiciones ambientales requeridas para el crecimiento del hongo en el cultivo	28
<b>3. Establecer indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de formulación del proyecto.....</b>		<b>28</b>
3.1.	Definir parámetros de evaluación de crecimiento del cultivo.....	28
3.2.	Definir parámetros de evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto.....	28
<b>Resultados .....</b>		<b>30</b>
<b>1. Analizar la información correspondiente a las características requeridas para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles. ....</b>		<b>30</b>
1.1.	Estudio de las propiedades de las especies de hongos comestibles.....	30
1.3.	Definir las principales características del cultivo de las especies de hongos comestibles .....	39
1.4.	Identificar los sistemas de cultivo de hongos.....	49
<b>2. Plantear estrategias para la ejecución de cultivos de hongos comestibles de acuerdo con los residuos agrícolas disponibles en las granjas seleccionadas. ....</b>		<b>52</b>
2.1.	Selección de granjas.....	52
2.2.	Identificar los residuos agrícolas producidos en cada una de las granjas seleccionadas .....	52
2.3.	Detallar el aporte nutricional de cada uno de los residuos .....	54
2.4.	Definir combinaciones de sustratos para el cultivo .....	59
2.5.	Definir el sistema de cultivo apropiado para asegurar el crecimiento del hongo en el cultivo	63
2.6.	Establecer las condiciones ambientales requeridas para el crecimiento del hongo en el cultivo	70
<b>3. Establecer indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de formulación del proyecto.....</b>		<b>71</b>
3.1.	Definir parámetros de evaluación de crecimiento del cultivo.....	71
3.2.	Definir parámetros de evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto.....	73
<b>Recomendaciones.....</b>		<b>84</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>85</b>

<b>Referencias .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo 1 .....</b>	<b>93</b>

### Listado de tablas

<b>Tabla 1.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 2.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 3.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 4.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 5.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 6.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 7.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 8.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 9.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 10.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 11.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 12.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 13.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 14.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 15.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 16.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 17.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 18.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 19.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 20.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 21.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 22.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 23.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 24.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 25.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 26.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 27.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 28.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 29.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 30.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 31.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 32.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 33.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 34.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 35.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 36.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 37.....</b>	<b>59</b>

<b>Tabla 38.</b>	60
<b>Tabla 39.</b>	62
<b>Tabla 40.</b>	63
<b>Tabla 41.</b>	65
<b>Tabla 42.</b>	66
<b>Tabla 43.</b>	66
<b>Tabla 44.</b>	67
<b>Tabla 45.</b>	68
<b>Tabla 46.</b>	68
<b>Tabla 47.</b>	73
<b>Tabla 48.</b>	74
<b>Tabla 49.</b>	75
<b>Tabla 50.</b>	77
<b>Tabla 51.</b>	78
<b>Tabla 52.</b>	81
<b>Tabla 53.</b>	81
<b>Tabla 54.</b>	82
<b>Tabla 55.</b>	83

### **Listado de figuras**

<b>Figura 1.</b>	19
<b>Figura 2.</b>	20
<b>Figura 3.</b>	23
<b>Figura 4.</b>	40
<b>Figura 5.</b>	43
<b>Figura 6.</b>	45
<b>Figura 7.</b>	48
<b>Figura 8.</b>	50
<b>Figura 9.</b>	50
<b>Figura 10.</b>	51
<b>Figura 11.</b>	51
<b>Figura 12.</b>	53
<b>Figura 13.</b>	70
<b>Figura 14.</b>	71
<b>Figura 15.</b>	72
<b>Figura 16.</b>	72

## Listado de ecuaciones

Ecuación 1.....	60
Ecuación 2.....	61
Ecuación 3.....	61
Ecuación 4.....	61
Ecuación 5.....	62
Ecuación 6.....	71
Ecuación 7.....	72
Ecuación 8.....	73
Ecuación 9.....	73
Ecuación 10.....	79
Ecuación 11.....	80
Ecuación 12.....	80

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Formulación de una propuesta para el aprovechamiento de residuos orgánicos para el cultivos de hongos comestibles en pequeñas granjas agrícolas del departamento de Santander

**AUTOR(ES):** María Camila Chinchilla Albarracín

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** Angélica María Muskus Morales

### RESUMEN

El cultivo de hongos comestibles se ha presentado como una alternativa para el manejo de residuos sólidos generados en fincas pertenecientes a la Cámara de Comercio de Bucaramanga. A través del análisis de las características de los géneros de hongos comestibles y el proceso productivo de las fincas cafeteras seleccionadas se logró formular una propuesta para la ejecución del un proyecto del cultivo de hongos de las especies *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y/o *Volvariella volvacea*, por medio de la cual se definen los parámetros nutricionales y ambientales de cada una de estas especies, y se definen posibles combinaciones de sustratos de acuerdo al análisis de la relación C/N que requieren las especies y las relación C/N de los residuos orgánicos generados en las fincas. Adicionalmente se presenta un ejemplo de proyecto del cultivo de la especie *Pleurotus ostreatus* para demostrar el procedimiento de la determinación de la rentabilidad del proyecto, y que de esta manera se pueda definir la viabilidad de la ejecución del proyecto de acuerdo con especificaciones de este que pueden ser variables, tales como: tamaño, canales de distribución, costo de materiales, y demás. También se proponen parámetros de evaluación del crecimiento del cultivo con el fin de que se pueda identificar y posteriormente corregir las condiciones nutricionales y ambientales brindadas a la especie de hongo comestible cultivada.

### PALABRAS CLAVE:

Hongos comestibles, residuos orgánicos, relación C/N, rentabilidad, crecimiento del cultivo.

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** Formulation of a proposal for the use of organic waste for the cultivation of edible fungi in small agricultural farms of the department of Santander

**AUTHOR(S):** María Camila Chinchilla Albarracín

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** Angélica María Muskus Morales

### ABSTRACT

The cultivation technique of edible mushrooms has been presented as an alternative way to management of soil waste from farms of the Cámara de Comercio entity in Bucaramanga. Through the analysis of two variables: the characteristics of the edible fungi genus and the productive processes of selected coffee farms, it was possible to come up with a proposal to carry out a project in which the species *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* and *Volvariella volvacea* are used for cultivation. Along with it, the nutritional and environmental parameters of these substrates are defined as well as their possible combinations; this was done by the analysis of the C/N ratio required by these species plus the C/N ratio of the organic waste generated on farms. Additionally, here is presented an example of a project of the cultivation of the species *Pleurotus ostreatus* to serve as a support of the viability of the proposed technique, and that in this way the viability of the execution of the project can be defined in accordance with its specifications that may be variable, such as: size, distribution channels, cost of materials, and others. Crop growth evaluation parameters are also proposed in order to identify and subsequently correct the nutritional and environmental conditions provided to the cultivated edible fungus species.

### KEYWORDS:

Edible mushrooms, organic residues, C/N ratio, profitability, crop growth.

## Introducción

Esta investigación busca caracterizar géneros y especies de hongos comestibles de uso internacional y definir las especies con mayor adaptabilidad al contexto santandereano, a fin de que la información recolectada, los aportes metodológicos y las conclusiones a las que se llegaron sirvan de insumo para la implementación de un futuro proyecto agropecuario en las fincas cafeteras *Finca Orgánica San Sebastián* y *Hacienda la Pradera* ubicadas en Aratoca y en *La hacienda Buenavista* en Pinchote. Los criterios de evaluación y selección de los hongos se articularon en torno a la suficiencia de sus aportes nutricionales, las condiciones ambientales para su cultivo, y el estado actual de su oferta y demanda en el mercado nacional e internacional. Para ello se definieron tres objetivos concretos: 1) analizar los requerimientos para el cultivo de cada uno de los hongos que resultaron favorecidos en el análisis de factibilidad; 2) plantear las estrategias para la ejecución de los cultivos teniendo en cuenta los recursos orgánicos disponibles en las fincas y, 3) establecer los indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de ejecución del proyecto.

Mediante un análisis previo de la oferta y demanda de la gran diversidad de hongos comestibles disponibles a nivel internacional y su contraste con el comportamiento del mercado colombiano, junto a la consulta de fuente bibliográfica especializada, se preseleccionaron cuatro géneros a los que se les identificó sus características de cultivo. Posteriormente, fueron evaluadas sus especies para establecer cuáles reúnen las condiciones óptimas para el desarrollo del proyecto. Esta selección se realizó con un sistema de evaluación pensado para que, a través de escalas de puntuación, se logre identificar las especies con puntajes superiores que representarían aquellas que cuentan con mayor opción de éxito en la implementación, ya sea porque sus requerimientos nutricionales o factores ambientales sean posibles de cumplir o porque presenten una relación oferta-demanda idónea. A saber: *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Volvariella volvacea*

Una vez definidas las especies de hongos comestibles, se procedió a describir los sistemas de cultivos que se podrían implementar en cada finca según los recursos orgánicos que produce y las particularidades que requiere individualmente cada hongo. Una vez identificados los residuos que produce cada finca, y con base en su eficiencia biológica, se eligió la pulpa del café, el mucílago, el pergamino y los residuos de la poda como los sustratos del cultivo. Obtenidos estos datos, se procedió a analizar los factores necesarios para la formulación de los sustratos según la relación Carbono/Nitrógeno y en concordancia a los requerimientos para el cultivo de los hongos. Por último, dada las condiciones de posibilidad de cada finca, se tomó la determinación de que el modelo de cultivo francés es el más adecuado.

En consecuencia, y respondiendo a la necesidad de otorgar herramientas para el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, se fijaron los parámetros de evaluación del crecimiento del cultivo, los cuales son: la eficiencia biológica (EB), el rendimiento (R) y la tasa de producción (TP); y los parámetros de evaluación de la rentabilidad del proyecto: Valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), y finalmente, la rentabilidad económica. Para cada parámetro se define la metodología de la medición. Finalmente, se recopilando los datos teóricos

y los resultados de las actividades se elaboró como anexo una guía aplicativa con las condiciones ambientales requeridas para el crecimiento del hongo en el cultivo.

## Antecedentes

En el estudio que se llevó a cabo en Puebla-México, se inoculó la cepa CP-CA1 del hongo *Lentinula edodes* en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) para posteriormente ser evaluadas las fórmulas de sustratos C-Agro 1, C-Agro 2 y C-Agro 3 dispuestas en bloques sintéticos, estas estaban compuestas de residuos agroforestales como el aserrín de encino (*Quercus sp.*), restos de hojas y tallos, elote triturado de maíz (*Zea mays*) mezclados con yeso comercial, de la siguiente manera:

**Tabla 1.**

*Formulación experimental de los tratamientos C-Agro 1, 2 y 3, para la producción del hongo Lentinula edodes.*

Ingredientes	Unidad	Cantidad agregada a 100 kg de sustrato fresco		
		C-Agro 1	C-Agro 2	C-Agro 3
Aserrín de encino ( <i>Quercus sp.</i> )	Kg	40	60	80
Rastrojo de maíz ( <i>Zea mays</i> )	Kg	20	10	0
Olote de maíz ( <i>Zea mays</i> )	Kg	38.5	28.5	18.5
Yeso (CaSO <sub>4</sub> )	Kg	1.5	1.5	1.5
Agua	L	150	150	150
pH del sustrato sin esterilizar	pH	8.2	8.2	8.2
pH del sustrato estéril	pH	7.5	7.5	7.5

**Fuente:** (Damián, et al., 2015).

Los resultados que se obtuvieron en la cepa CP-CA1 reflejaron un buen crecimiento del micelio en los bloques sintéticos, se obtuvo una tasa de producción de 0.38, 0.33 y 0.31% respectivamente para las muestras C-Agro 1, C-Agro 2 y C-Agro3; en el tratamiento dado por C-Agro 2 mostró una eficiencia biológica mayor con respecto a los otros tratamientos debido a que fue de 100.50%, con presencia de un 85% de cuerpos fructíferos y un peso promedio de 40 a 70 gramos por unidad (Damián, et al., 2015).

En el estudio “Producción de hongos comestibles del género *Pleurotus* a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de Quibdó” fueron caracterizados los residuos orgánicos de una plaza de mercado con el objetivo de aprovechar su biomasa como sustrato para el cultivo de hongos comestible del género *Pleurotus* y lograr evitar que estos residuos se conviertan en un tipo de contaminante para los recursos naturales. De acuerdo a esta caracterización se formularon cuatro tipos de sustrato, la primera formulación tuvo una estructura que consistía en el uso del sustrato más abundante obtenido de la caracterización de la plaza de mercado y los debidos suplementos, por lo tanto, tenía un contenido del 98% de residuos de caña, para la segunda formulación se propuso usar el segundo sustrato más abundante más suplementos, por lo tanto, contenía un 98% de residuos de plátano, para la tercera formulación se propuso realizar una mezcla de los dos sustratos más abundantes con una porción de 50:50 más los suplementos, obteniendo un 49% de residuos de plátano y un 49% de residuos de caña, la cuarta formulación se realizó con una mezcla de los tres sustratos más abundantes en proporciones de 33:33:33, por esto, sus contenidos de residuos de plátano fueron de un 32,7 %, de residuos de caña 32,7% y de residuos de fruta 32,7%. Para cada una de las formulaciones se adicionaron suplementos nutricionales en un mismo porcentaje, estos fueron

1% de carbonato y 1% de yeso, con el fin de mejorar el pH de cada medio y adicionar iones de  $\text{Ca}^{++}$ , y así incitar al crecimiento de las hifas. De estas formulaciones, el número tres mostró un mejor rendimiento con el 45,12%, seguido de la formulación número uno con el 33,41%, la formulación número dos con el 25,34% y por último la formulación número cuatro con un 4,96% demostrando la influencia de un bajo pH y una relación C/N muy alta no representa buenas condiciones para el cultivo de hongos (Sánchez, 2015).

En el estudio realizado en Etiopía en el que se evaluó el cultivo del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) en residuos de cascara de café, cada sustrato formulado fue preparado con un 80% de cáscara de café y fueron adicionados algunos suplementos de la siguiente manera: el sustrato A (10% estiércol de pollo, 8% de salvado de trigo y 2% de ceniza de madera), sustrato B (10% de estiércol de vaca, 8% de salvado de trigo y 2% de ceniza de madera), sustrato B1 (18% de salvado de trigo y 2% de ceniza de madera), sustrato C (18% de estiércol de vaca y 2% de ceniza de madera) y el sustrato D (18% de estiércol de pollo y 2% de ceniza de madera); los contenidos de humedad fueron variados entre el 40 al 60%. Los primordios aparecieron después de 20 días de ser inoculados y con sus resultados se mostró la importancia de la producción comercial de hongos comestibles, ya que se cuenta con una fácil disponibilidad de residuos que presentan características favorecedoras para el crecimiento de estos hongos, y mediante su aprovechamiento se logra reducir en gran proporción la contaminación de los recursos y representan mejores valores nutricionales que la carne de res y el pescado (Alemu, 2015).

En un estudio realizado en Veracruz- México, se analizó la producción de enzimas hidrolíticas en el cultivo del hongo Shiitake (*L. edodes*) utilizando residuos de pulpa de café obtenida de una planta de la ciudad en la que se procesan granos de café, se realizó tomando muestras de las etapas que presentaron algún tipo de actividad enzimática después del período de incubación hasta el período de la fructificación, como resultado se obtuvo una baja actividad enzimática durante el período de incubación y tuvo un crecimiento exponencial durante la etapa reproductiva. Esto se relaciona a que en estas primeras etapas el hongo se debe adaptar al sustrato y una mayor actividad enzimática demuestra el favorecimiento de la movilización de nutrientes necesarios para la formación de cuerpos fructíferos (Mata, et al., 2016).

En México fue realizado un estudio llamado "Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus spp.*)". Este tenía como objetivo analizar los diferentes trabajos de investigación llevados a cabo en Iberoamérica en los que se probaron distintos residuos agrícolas, forestales y agroindustriales (clasificados en grupos denominados como: pajas, rastrojos, pulpas, bagazos, forestales y otros) como sustrato para el cultivo de hongos comestibles del grupo *Pleurotus spp.*, y determinar la eficiencia biológica de los diferentes materiales utilizados como sustrato, determinar diferentes combinaciones de estos sustratos y establecer la viabilidad de la realización de proyectos de aprovechamiento de materiales residuales variados para el cultivo de este grupo de hongos comestibles.

La tabla 2 resume el resultado obtenido de altas eficiencias biológicas de distintas especies del grupo de hongos evaluado, los residuos utilizados como sustratos y algunas combinaciones.

**Tabla 2.**

*Residuos agroindustriales con una alta eficiencia biológica en especies del género Pleurotus.*

Residuos utilizados como sustrato		Especies de Pleurotus	Eficiencia biológica (%)
Pajas	De trigo	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. florida</i> , <i>P. sajor-caju</i> , <i>P. albidus</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>P. djamor</i>	30.5 -161.7
	De cebada	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. djamor</i>	66.3 - 124.88
Rastrojos	De algodón	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. pulmonarius</i>	70.61 – 116.7
	De maíz	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-caju</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. floridae</i>	19.9 – 154.1
	De tomate	<i>P. ostreatus</i>	118.5
Pulpas	De café	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-caju</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. djamor</i>	67.1 – 225.2
	De cardamomo	<i>P. ostreatus</i>	113.64
Forestales	Aserrín Viruta de madera	<i>P. columbinus</i> , <i>P. ostreatus</i> , <i>P. albidus</i>	47.2 – 135.6
Otros	Capuchones, cáscaras y cascarillas (de cacao, coco, cacahuete, semilla de girasol, arroz, uchuva, algodón, arveja)	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. citrinopileatus</i>	7.8 – 120.7
	Papel y cartón	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. colombinus</i>	100.8 – 134.5
	Hojas y tallos (plátano, algodón, maíz, brócoli y coliflor)	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-caju</i> , <i>P. citrinopileatus</i> , <i>P. florida</i>	37.2 – 123.3

**Fuente:** (Piña, et al., 2015).

En cuanto a las mezclas de sustratos, las eficiencias biológicas más altas en las mezclas correspondieron a la pulpa de café y viruta de credo en la especie *P. sajor-caju* con una EB del 136.9 % y al olote de maíz, paja de trigo, suplementado con agua residual de industria de lácteos en la especie *P. florida* con una EB del 108.68%. Finalmente se estableció que estos proyectos son muy viables, ya que la lista de residuos agroindustriales que pueden ser utilizados es muy larga, son proyectos de bajo costo y se obtienen buenos beneficios ambientales y sociales (Piña, et al., 2015 ).

## Justificación

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible son una de las herramientas conjuntas que han querido implementar algunos países, a través del establecimiento de objetivos como “hambre cero”, en el cual se recalca la necesidad de implementar sistemas de producción de alimentos sostenibles con los que se aumente la productividad y a su vez de la conservación de los ecosistemas, generando fortalecimiento ante fenómenos producidos por el cambio climático. Otro objetivo relacionado es “consumo y producción sostenible”, con el cual se propone establecer patrones de consumo y producción que sean sostenibles y que logren la reducción de desperdicio de alimentos, para asegurarse de utilizar los recursos eficientemente (ONU, 2015).

Entre Los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el manejo de residuos sólidos de tipo orgánico se encuentra “Ciudades y comunidades sostenibles”, con el cual se trazan como meta la reducción del impacto ambiental producido en las ciudades por los temas relacionados con la calidad del aire, gestión de desechos municipales, y otros. “Consumo responsable y producción” aborda la problemática relacionada con la gestión de los desechos proponiendo una reducción de la cantidad de desperdicios a través de políticas y mejoras a las cadenas de producción, distribución y consumo, y posteriormente implementar una gestión ecológicamente racional para disminuir los efectos negativos producidos sobre el medio ambiente y la salud humana (ONU, 2015).

Sin embargo, este proyecto representa una interacción con otros de Objetivos del Desarrollo Sostenible que van más allá del enfoque ambiental que representa un proyecto de este tipo, y aunque la idea principal se basa en los beneficios ambientales que conlleva la realización del proyecto, a partir de él se pueden mejorar muchos aspectos sociales, por esto, se pueden relacionar objetivos como “Fin de la pobreza”, ya que este tipo de alternativas tendrían grandes impactos en comunidades vulnerables y por medio de este proyecto se pueden generar ingresos proporcionando los medios para que estas personas logren salir de la pobreza en todas sus dimensiones. Así mismo, se contribuiría al acceso a sistemas sostenibles que con una gestión adecuada serían de gran importancia para aportar para el desarrollo de los objetivos “Hambre cero”, “Salud y bienestar” y “Trabajo decente y crecimiento económico”, puesto que la idea es que este proyecto pueda ser replicado en diversas comunidades y sea una fuente de ingresos para cada uno de los que participen en este, ya que sería una solución para la reutilización de los residuos que se pretenden aprovechar se espera que las inversiones que se deban realizar para llevarlo a cabo por estas comunidades no sean tan elevadas y por el contrario se obtengan grandes beneficios reflejados en la mejora de su calidad de vida, y así reducir la desigualdad existente en nuestro país y cumpliendo con metas propuestas en el ODS “Reducción de las desigualdades” puesto a que se logra empoderar comunidades y de esta manera ellos contribuirían al progreso de la sociedad y del medio ambiente. Los objetivos que de igual manera se encuentran relacionados con el enfoque ambiental son “Vida de ecosistemas terrestres” y “Acción por el clima”, este proyecto adopta medidas integradas para promover una gestión sostenible del medio ambiente (ONU, 2015).

El proyecto se encuentra sustentado en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 teniendo en cuenta los diferentes proyectos propuestos en el programa “Producir conservando y conservar produciendo” en el cual se hace énfasis en la fomentación de la economía circular por medio de sectores resilientes adaptados al cambio climático para la sostenibilidad para asegurar la conservación de los ecosistemas (Presidencia de la República de Colombia, 2018).

A nivel regional encontramos el Plan de Desarrollo 2020-2023, con el cual a través del lineamiento estratégico denominado “Siempre agua potable y saneamiento básico” se propuso el programa “Siempre manejo adecuado de residuos sólidos”, en este programa se propone el apoyo al manejo adecuado de los residuos sólidos empezando desde la fuente de estos y todo el proceso por el que pasan hasta su destino final. De acuerdo con este Plan se busca promover el hecho de que los residuos sólidos puedan ser aprovechados para así lograr seguir los lineamientos de una economía circular (Gobernación de Santander, 2020).

## **Alcance**

Este proyecto se llevará a cabo en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga ubicada en la Cra. 19 No. 37-67 entre la vía Floridablanca-Piedecuesta, y se desarrollará de acuerdo al tiempo requerido para el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos en su planteamiento. Con este proyecto se pretende beneficiar a la universidad, en general a la comunidad estudiantil, al igual que a los dueños de las fincas que generan los residuos que se pretenden utilizar para el estudio, ya que se busca desarrollar una alternativa con los desechos que estos producen y con la que ellos puedan contribuir al mejoramiento de su proceso de gestión de los residuos y del medio ambiente. De igual manera, se plantea el proyecto como solución para comunidades vulnerables que puedan implementar el proyecto, del que puedan contribuir al mejoramiento de su calidad de vida y el desarrollo sostenible. El objetivo de este proyecto es la elaboración de una propuesta para el cultivo de hongos comestibles, mediante un estudio de las características de diferentes especies y los residuos agrícolas generados en las fincas seleccionadas de la cámara de comercio de Bucaramanga, para establecer posibles combinaciones de sustratos que cumplan los requisitos nutricionales del hongo. Este proyecto contribuye al desarrollo de medios sostenibles, ya que busca aportar al fortalecimiento de la resiliencia, adaptabilidad al cambio climático y mitigación de los efectos negativos generados sobre los ecosistemas, y a su vez impulsa el desarrollo de comunidades.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Elaborar una propuesta para la implementación de cultivo de hongos comestibles de acuerdo con los residuos orgánicos generados en las granjas seleccionadas e inscritas en la Cámara de Comercio de Bucaramanga.

### **Objetivos específicos**

Analizar la información correspondiente a las características requeridas para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles.

Plantear estrategias para la ejecución de cultivo de hongos comestibles de acuerdo con los residuos agrícolas disponibles en las granjas seleccionadas.

Establecer indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de formulación del proyecto.

## Marco teórico

### 1. Residuos sólidos

De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana GTC 24, un residuo sólido “es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.” (ICONTEC, 2009). Por ende, un residuo es un material que puede ser generado en diferentes procesos productivos que puede o no ser aprovechable.

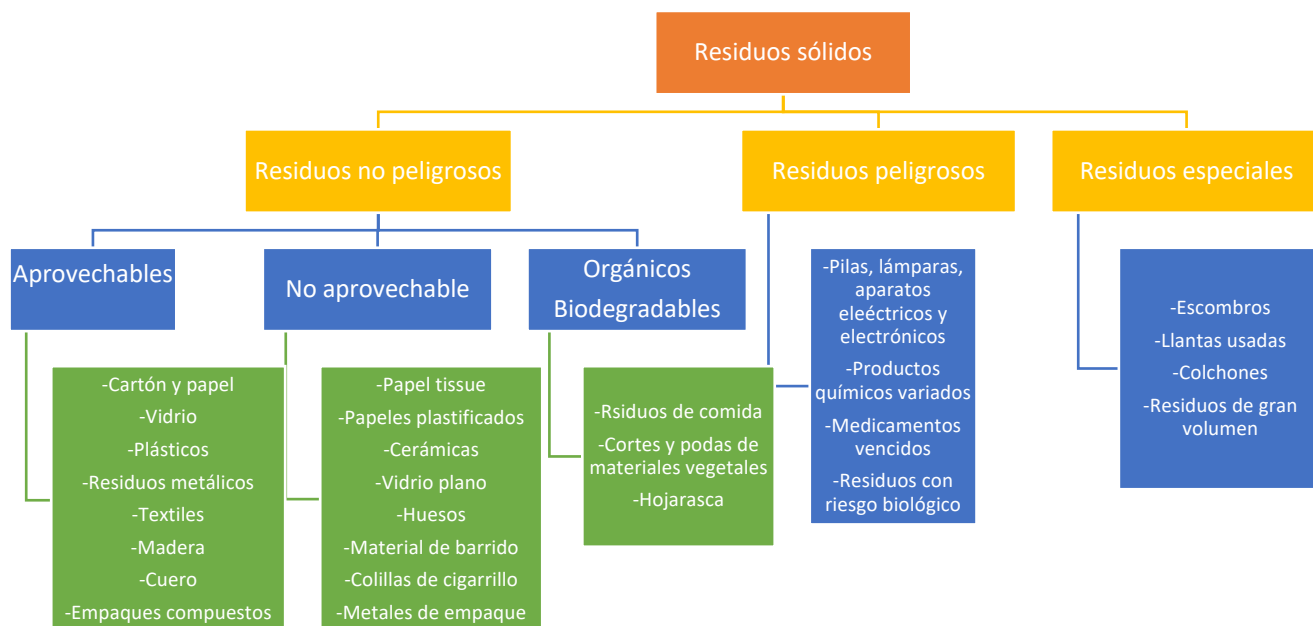
El tipo de disposición final más implementado en Colombia son los rellenos sanitarios, estos producen un efecto negativo al ambiente debido al biogás que es producido al enterrar la materia orgánica en descomposición, esta mezcla de gases es compuesta mayormente por metano, CO<sub>2</sub>, vapor de agua e hidrógeno. Al ser enterrados estos residuos se pierde su capacidad energética y características nutricionales, por ello es importante implementar medidas para aumentar la capacidad de aprovechamiento de este tipo de residuos (CONPES, 2016).

### 2. Clasificación de los residuos sólidos

La GTC 24 nos presenta la siguiente clasificación de los residuos sólidos:

**Figura 1.**

*Clasificación de los residuos sólidos.*



**Fuente:** (ICONTEC, 2009).

Los residuos también pueden ser clasificados dependiendo del sector productivo de origen (Gómez, et al., 1995) en dos grupos:

- Aquellos generados en el sector primario: son resultado de actividades tales como ganadería, agricultura, extractivas y forestales.
- Los generados en el sector secundario y el sector terciario: estos están compuestos por desechos industriales y desechos urbanos principalmente.

Esta clasificación reúne como la división presentada como base de la GTC 24, ya que dentro de estos desechos podemos encontrar algunos de tipo orgánicos, inorgánicos, peligrosos, etc. Uno de los tipos de residuos sólidos más importante son los de tipo agrícolas, los cuales poseen características nutricionales ideales para su aprovechamiento por medio de alternativas sostenibles. Estos residuos provenientes o derivados de restos de cosecha presentan una muy buena capacidad de biodegradabilidad gracias a la presencia de biomoléculas fácilmente degradables, tales como azúcares solubles con un peso molecular bajo, celulosa y Hemicelulosa, y algunos componentes que son degradados lentamente, tales como ligninas, ceras y algunos otros polifenoles (Coronado & Valencia, 2015).

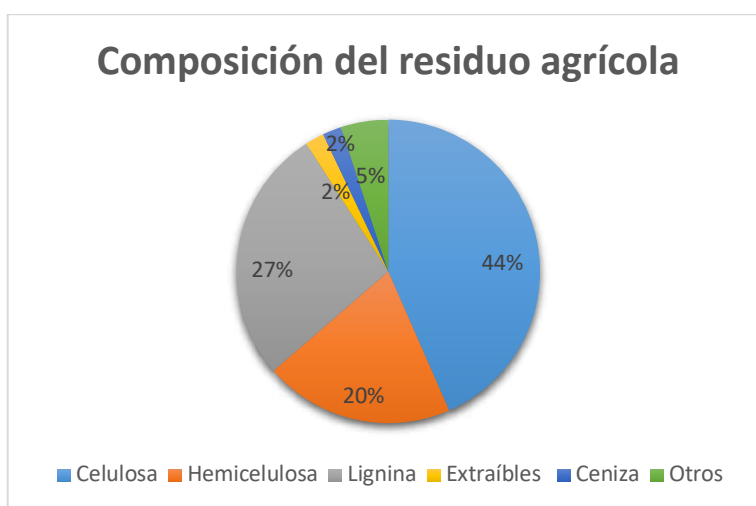
### 3. Composición de residuos agrícolas

Los residuos agrícolas son ideales para el cultivo del hongo por el aporte nutricional que tendrá en el desarrollo de este. Su pared celular se encuentra constituida por compuestos que al ser metabolizados actúan como fuente de carbono y energía necesarias para el hongo (Gómez, et al., 1995).

En la figura 2 se muestra los porcentajes de elementos por los que están compuestos los residuos agrícolas. El conocimiento de la composición de estos residuos es fundamental para la determinación de las mezclas entre sustratos que serán proporcionados en el cultivo al hongo.

**Figura 2.**

*Composición de residuos agrícolas.*



**Fuente:** (Cuarenta, et al. ,2014).

### 3.1. Celulosa

Este es una fibra vegetal que constituye la pared celular de plantas al ser uno de sus componentes principales. Su estructura es una cadena larga lineal de carbohidratos polisacáridos y se forma por la unión de moléculas  $\beta$ -glucosa a través de enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídico lo cual le da su característica de insolubilidad al agua. Este biopolímero se encuentra en frutas, árboles, hortalizas, cereales y es producida por algunos microorganismos (Cruz, 2014).

### 3.2. Hemicelulosa

Son polisacáridos no celulósicos que se encuentran en las paredes celulares, constituidos por “diferentes polímeros de monosacáridos de cadenas de hexosas y pentosas”, los cuales están unidos por medio de enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídico que conforman una cadena con unidades de xilosa como ramificaciones (Blasco, 1970).

### 3.3. Lignina

Esta macromolécula es la sustancia de tipo orgánica más abundante en plantas, específicamente de su pared celular; es un polímero tridimensional densamente ramificado de grupos fenilpropanoides sintetizados y unidos por acción de enzimas (Castillo, et al., 2005 ). Es la encargada de aportar rigidez a los tejidos vegetales y actúa como barrera que impide la entrada de fitopatógenos (Lagunes & Zavaleta, 2016).

## 4. Generalidades de los principales grupos de hongos

Los hongos son organismos eucariotas pertenecientes al reino Fungi, son heterótrofos, es decir, son incapaces de fabricar su propio alimento, pero no ingieren alimento como los demás animales, estos primero descomponen el alimento en pequeñas moléculas a través de exoenzimas y posteriormente lo absorben por medio de la membrana plasmática y con ayuda de las proteínas encargadas de su transporte, realizando así una digestión de tipo extracelular, a su vez se clasifican como organismos quimiorganotrofos por su necesidad de compuestos orgánicos preformados como fuente de energía. De acuerdo con su manera de alimentarse se pueden clasificar en saprobios, los cuales usan la materia orgánica ya muerta como alimento, los parásitos que se hospedan en otros organismos denominados huéspedes y se alimentan de estos, o los depredadores, los cuales matan al organismo del que son alimentados. La gran mayoría de ellos están formados por más de una célula y se componen por largos filamentos denominados como hifas, estas pueden ser de dos tipos, la primera de ellas tiene una especie de paredes llamadas septos ubicados internamente y estos septos tienen la capacidad de posibilitar a orgánulos pequeños e inclusive a los núcleos el desplazamiento entre las células. El otro tipo de hifas no poseen estos septos y son multinucleada. En general todas las hifas conforman la parte vegetativa del hongo, el micelio o los micelios (Tellería, 2011).

Gran parte de los hongos son aerobios estrictos pues necesitan oxígeno como aceptor de electrones para su crecimiento, pero algunos pueden ser anaerobios facultativos y utilizan otras moléculas que ocupan la función del oxígeno como aceptor de electrones. Y un grupo de hongos muy pequeño son anaerobios estrictos, estos no poseen mitocondria, este orgánulo es reemplazado por hidrogenosomas desarrollado a partir de las mitocondrias, desarrolla su función en los procesos metabólicos fermentativos en el que se adquiere ATP por la falta de oxígeno (Cárdenas, et al., 2012 ).

La reproducción de los hongos puede ser de tipo sexual, asexual o ambas. La reproducción asexual también es llamada somática o vegetativa, en esta se producen esporas de tipo haploide, estas son producidas por medio de mitosis de una célula antecesora haploide. Estas esporas se desarrollan y se convierten en individuos igualmente haploides sin ser fertilizadas. Por el contrario, en la reproducción sexual de los hongos se caracteriza por la necesidad de la unión de dos núcleos (Cárdenas, et al., 2012).

Estos organismos son esenciales para el correcto funcionamiento y estructura trófica de los ecosistemas, ya que gracias a las relaciones mutualistas y sinérgicas tienen un papel muy importante en la biología evolutiva, pues han proporcionado equilibrio en el ambiente. Estos además son encargados de degradar materia orgánica, procesos de retorno del carbono hacia la atmósfera y flujos fotosintéticos, pues actúa como vínculo entre plantas y animales para intercambio de energía entre estos (Mier, et al., 2002).

## **5. Principales grupos de hongos**

### **5.1. Zigomicetos**

Este grupo de hongos es reconocido por sus filamentos llamados hifas, al crecer este hongo desarrolla estos elementos miceliares que tienen la capacidad de expandirse rápidamente. Su caracterización microbiológica se basa en el reconocimiento de colonias de tipo algodonosas de colores blanco, marrón o grisáceas, sin bordes definidos, y en la presencia de hifas con tamaños entre 10 a 20 micras de diámetro, anchas y no tabicadas. Sus ramificaciones se encuentran separadas de la principal (Guinea, et al., 2007). Se alimentan de materia muerta y viven en simbiosis con otros organismos. Su reproducción es de tipo sexual llevada a cabo por medio de zigosporas, y asexual se da mediante una cigogamia que consiste en la unión de dos gametocistos que actúan como gametos la cual recibe el nombre de zigospora (Des, et al., 1989).

### **5.2. Basidiomicetos**

En este grupo de hongos se incluyen los hongos con setas, también incluye los mohos, la roya, el tizón, hongos mutualistas y dos grupos de parásitos vegetales. Son importantes descomponedores de madera y otras sustancias de tipo vegetal; aquellos que son saprobios se caracterizan por descomponer mejor la lignina, un polímero orgánico complejo que es abundante en la madera (Campbell & Reece, 2007).

Las hifas que presenta este tipo de hongos tienen una especie de tabiques con poros pequeños. Se reproducen sexualmente mediante estructura productora de esporas llamada basidio, estas son características de este grupo; allí se da la fusión nuclear y la meiosis (Sadava & Purves, 2009).

### **5.3. Ascomicetos**

Son el grupo más amplio, pueden ser unicelulares o talófitos. La mayoría son saprofitos descomponedores de materia orgánica inerte, por esto juegan un papel muy importante en los ecosistemas. Se incluye formas miceliales y levaduriformes, en este grupo se las hifas están divididas por septo, cada uno de estos septos tiene un poro central el cual permite desplazarse entre células al núcleo; excepto en las levaduras (Curtis & Schnek, 2008).

Su característica principal es la llamada ascospora, espora sexual de este grupo de hongos que se desarrolla dentro de un saco o asco, y la reproducción asexual se lleva a

cabo por la formación de conidios con la ayuda de células conidiógenas (Murray, et al., 2006).

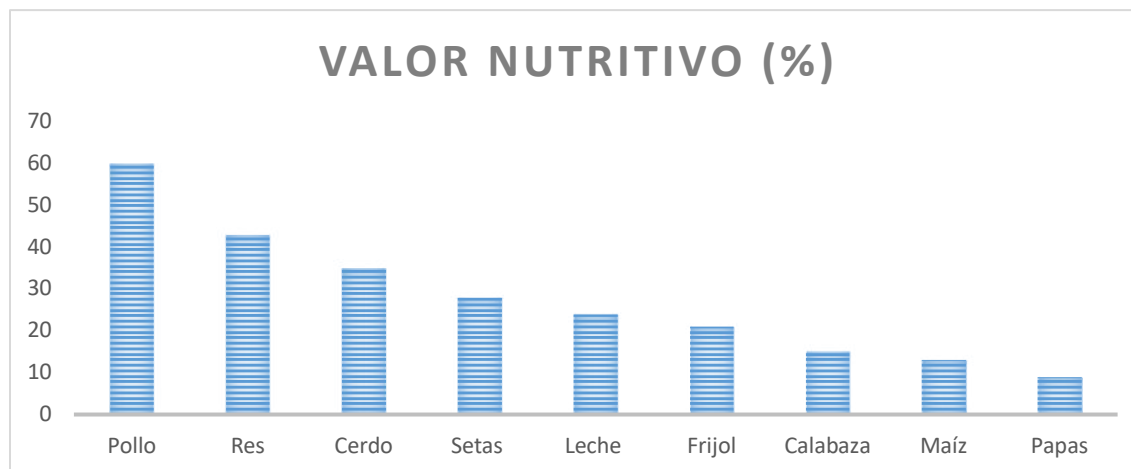
## 6. Hongos comestibles

Los hongos comestibles han sido parte de la dieta de los seres humanos durante miles de años y su uso como alimento ha prevalecido debido a su olor y sabor, de hecho, ha venido incrementando su interés por este tipo de hongos a sus grandes aportes nutricionales, por esto ha dejado de simplemente recolectarse y se han empezado a cultivarse. Generalmente se establece un contenido del 90% de agua y un 10% de materia seca, constituida entre 27 al 48% de proteína, de la cual un 60% son carbohidratos como fibras dietéticas y entre el 2 al 8% son lípidos como el ácido linoleico. El interés por su cultivo es cada vez mayor, pues se pueden utilizar diferentes tipos de residuos sólidos como sustrato y además de esto, su contenido proteico representa entre el 15 al 35 % de su peso seco, de minerales puede ser entre el 6 al 11% dependiendo de la especie, aporta nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, potasio, cobre y zinc, y algunas vitaminas como la B2, B3 y B9 por contenido rico en riboflavina. Tienen un valor medicinal muy importante pues los macronutrientes que tienen promueven la formación de metabolitos secundarios que ayudan al organismo a adquirir defensa contra patógenos, entre estos encontramos los pigmentos carotenoides, compuestos fenólicos y el ergosterol (Cano & Romero, 2015).

En la figura 3 se presentan los porcentajes nutricionales de los hongos comestibles comparado con alimentos como carnes, maíz, leche, entre otros.

**Figura 3.**

*Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos.*



**Fuente:** (Gaitán Hernández, Salmones, Pérez Merlo, & Mata , 2006)

## 7. Taxonomía de los hongos comestibles

Las características taxonómicas pueden llegar a ser muy variables dependiendo de la especie de hongo, para la identificación de una especie se debe tener en cuenta lo siguiente:

### 1.1. Color

Es una característica muy variable en los hongos, dependiendo de la especie su coloración puede ser desde blanca, hasta roja, café, anaranjado, etc. (Díaz, et al., 2010).

## 1.2. El píleo

La forma del sombrero en los hongos en general puede ser muy variable, las más comunes son de embudo, plano, cilíndrico, convexo, campanudo, entre otras. Sin embargo, en el sombrero también hay variaciones por su textura y en sus márgenes. (Díaz, et al., 2010).

## 1.3. El estípote

Este es el pie que sostiene el píleo y puede o no estar presente en los hongos. Aquellas especies que presentan estípote son llamados estipitados, y tanto su forma como su textura pueden ser variables, por lo que puede ser liso, rígido, o ya sea flexible, quebradizo, entre otros. (Díaz, et al., 2010).

## 1.4. Presencia y forma de la volva

Conocer esta característica es imprescindible pues es necesaria para la determinación de algunas de las especies de hongos. Puede ser cilíndrica, bulbosa, persistente, escamosa, con forma esférica, membranosa o harinosa (Díaz, et al., 2010).

## 1.5. Estructuras que forman el himenio

El himenio se encuentra ubicado en la parte exterior del hongo, donde son generadas las esporas. Esta parte del hongo puede variar dependiendo de la forma, densidad, presencia de diente o poros, tamaño y unión con el estípote (Díaz, et al., 2010).

## 1.6. Sabor y olor

Esta es una característica importante y se ve reflejada en la demanda de la especie en el mercado. Algunas especies pueden presentar olor imperceptible, pero otras pueden tener un olor muy desagradable, de igual forma, el sabor puede ser fuerte o intenso, tenue, con toques picantes, etc. (Díaz, et al., 2010).

## 8. Etapas del cultivo de hongos comestibles

En el proceso de cultivo de hongos se pueden encontrar variaciones en los tiempos de duración de cada una de las etapas. A continuación, se presenta de manera general una descripción de cada una de las etapas del cultivo en hongos.

**Tabla 3.**

*Etapas del cultivo de hongos comestibles.*

<b>Etapas del cultivo</b>
<b>1. Obtención y preparación del sustrato</b>
La selección del sustrato debe hacerse cuidadosamente puesto que este va a aportar al hongo los nutrientes necesarios para que su crecimiento sea el adecuado. De acuerdo con las condiciones óptimas de crecimiento, se pueden generar mezclas con el sustrato.
<b>2. Inoculación</b>
Esta fase corresponde a la preparación del inóculo y su propagación. Se elabora en dos fases, la primera corresponde al inóculo primario, en la que a partir de una cepa crecida en un medio de cultivo se desarrolla masivamente el micelio en las semillas; y la fase de inóculo secundario, en la que se desarrolla masivamente el micelio en semillas partiendo del inóculo primario.
<b>3. Incubación</b>

Su duración puede variar de dependiendo de la cepa, la tasa de crecimiento de la especie y la proporción de condiciones ambientales óptimas para su crecimiento. Esta fase finaliza cuando el micelio invade toda la bolsa.
<b>4. Inducción a la fructificación</b>
Es una etapa fundamental para obtener una buena cantidad de fructificaciones. Consiste en aplicar cambios de temperatura, humedad y otras condiciones ambientales, dependiendo de la especie de hongo comestible que se quiere cultivar, con el fin de para estimular al hongo a formar cuerpos fructíferos. Cuando el micelio está totalmente maduro es el momento de inducir la fructificación.
<b>5. Fructificación</b>
Esta fase puede ser inducida mediante la disminución de la temperatura, aumento de luz, ventilación y humedad, con esto se quiere lograr una gran formación de primordios que dan lugar a cuerpos fructíferos. Cuando los cuerpos fructíferos alcanzan el tamaño adecuado se pasa a la siguiente fase.
<b>6. Recolección / Cosecha</b>
La corta de cosecha se puede realizar con guantes o sin ellos, pero con una previa esterilización con alcohol al 70%, teniendo la precaución de que al momento de desprender el cuerpo fructífero no queden residuos del pie o estípote sobre la madera o bloque, ya que atraería plagas u insectos.
<b>7. Reposo y repetición del ciclo</b>
Se deja descansar al bloque y se espera a que cicatricen los puntos por donde salieron los cuerpos fructíferos y luego se vuelve a inducir la fructificación. Dependiendo de la cantidad de sustrato, procedimiento y composición utilizado.

**Fuente:** Elaborado a partir de (Belén & Redondo, 2012) y (Gaitán, et al., 2006).

## 9. Requerimientos fisicoquímicos

El crecimiento y posterior desarrollo de los hongos cultivados va a depender de las condiciones medioambientales brindadas, por esto, se podría decir que el correcto manejo de los factores ambientales en el proyecto va a determinar si es o no exitoso.

A continuación, se presentan los rangos óptimos para garantizar el crecimiento y desarrollo del hongo en su cultivo, aunque se debe investigar cada especie para determinar los rangos exactos de cada una de las variables presentadas.

### 9.1 Temperatura

El óptimo desarrollo de los hongos comestibles se logra a una temperatura entre 20 y 30 °C. Temperaturas menores pueden provocar un retardo en el crecimiento del micelio, mientras que temperaturas mayores pueden ocasionar la muerte del micelio. (MushWorld, 2005)

### 9.2 Humedad

El hongo requiere un rango de humedad relativa de entre 30 y 80% para el adecuado desarrollo del micelio (Díaz, et al., 2010).

### 9.3 Ventilación

Durante su crecimiento es necesario proporcionar aire fresco, y en la etapa de la fructificación es necesario brindarle al hongo mucha más ventilación (Díaz, et al., 2010).

### 9.4 Luminosidad

Durante la colonización el hongo no necesita luz, sino una completa oscuridad.

Durante la etapa de colonización de fructificación es esencial alternar esta variable entre períodos de luz y oscuridad. (MushWorld, 2005)

### **9.5 pH**

El rango de pH óptimo para su crecimiento es de 4 a 7, ya que los hongos crecen en un medio ácido (Díaz, et al., 2010).

### **9.6 Oxígeno**

Al ser organismos aerobios, su respiración se origina en presencia de oxígeno (Díaz, et al., 2010).

## Metodología

### **1. Analizar la información correspondiente a las características requeridas para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles.**

#### **1.1. Estudiar las propiedades de las especies de hongos comestibles**

Esta actividad consiste en realizar una revisión de la bibliografía disponible para identificar las especies de hongos comestibles con mayor demanda en el mercado nacional e internacional para asegurar que los productores puedan comercializarlos, generen ganancias y se pueda cumplir con los propósitos implícitos del proyecto, con el que se pretende mostrar alternativas de sistemas sostenibles que contribuyen a la mejora de la calidad.

A partir del análisis de esta revisión se deben definir un listado de especies de interés para el proyecto, de las cuales se deben definir sus características más relevantes.

#### **1.2. Seleccionar las especies de hongos comestibles de acuerdo con sus características**

Se debe llevar a cabo clasificando las especies que puedan cumplir con los tres aspectos propuestos para su estudio y posterior selección, los cuales son, los resultados obtenidos en la revisión de los requerimientos fisicoquímicos, los requerimientos nutricionales y demanda de las especies en el mercado nacional e internacional. Principalmente se debe descartar el uso de ciertas especies que puedan presentar complicaciones en la ejecución del proyecto debido a que no se pueda cumplir con los requerimientos nutricionales o los fisicoquímicos, ya que esto significaría inmediatamente que no se puede ejecutar el proyecto. Por otro lado, si la demanda en el mercado es negativa, se deberían buscar estrategias para sopesar este aspecto.

De esta actividad se obtendrán entre 3- 5 especies de hongos comestibles que serán estudiadas para la elaboración de esta propuesta de proyecto.

#### **1.3. Definir las principales características del cultivo de las especies de hongos comestibles**

De acuerdo con la información obtenida en la actividad anterior se definirán los requerimientos fisicoquímicos y nutricionales para el cultivo de cada una de las especies seleccionadas a través de fichas descriptivas.

#### **1.4. Identificar los sistemas de cultivo de hongos**

Ya que existen diversos métodos y materiales para cultivar hongos, en esta parte del proyecto se deben presentar los sistemas existentes de manera informativa para que en las siguientes actividades pueda ser analizada y sirva para escoger el sistema idóneo para el cultivo de hongos en las granjas.

### **2. Plantear estrategias para la ejecución de cultivos de hongos comestibles de acuerdo con los residuos agrícolas disponibles en las granjas seleccionadas.**

#### **2.1. Selección de granjas**

Se debe explicar el proyecto a la “cámara de comercio de Bucaramanga” para que se puedan identificar las granjas que deseen participar según el tipo de residuos que

generen, y una vez se tenga una lista de las granjas interesadas, se debe realizar consulta a los dueños de estas para determinar el tipo de residuos que general, a través de una encuesta o con el apoyo de la cámara de comercio. Dependiendo de la cantidad de granjas que cumplan con estos requisitos, se van a escoger entre 5 a 10 granjas para la elaboración de la propuesta de este proyecto.

## **2.2. Identificar los residuos agrícolas producidos en cada una de las granjas seleccionadas**

La información sobre los tipos de residuos agrícolas generados debe ser consultada con los dueños de las fincas seleccionadas, adicionalmente, nos deberán indicar las cantidades aproximadas de los residuos generados semanal o mensualmente.

## **2.3 Detallar el aporte nutricional de cada uno de los residuos**

De acuerdo con los residuos agrícolas generados en cada una de las fincas se va a presentar una ficha con el aporte nutricional para cada finca.

## **2.4 Definir combinaciones de sustratos para el cultivo**

Con las fichas del aporte nutricional para los residuos generados en cada una de las fincas se debe realizar un esquema de las posibles combinaciones entre residuos, además, es necesario presentar los aditivos que tienen que ser usados para asegurar cumplir con los requerimientos nutritivos de los hongos comestibles.

## **2.5 Definir el sistema de cultivo apropiado para asegurar el crecimiento del hongo**

Con base en la información recolectada en cada una de las actividades anteriormente propuestas, se debe definir el tipo de sistema de cultivo implementar que cumpla con los requisitos para que se pueda ejecutar el proyecto.

## **2.6 Establecer las condiciones ambientales requeridas para el crecimiento del hongo en el cultivo**

Las condiciones ambientales requeridas para que cada una de las especies de hongos comestibles seleccionadas pueda crecer de manera óptima se especificaran en fichas informativas. De esta manera nos aseguramos de que los dueños de las fincas cuenten con toda la información necesaria para realizar el proceso del cultivo de hongos de manera exitosa.

# **3. Establecer indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de formulación del proyecto.**

## **3.1. Definir parámetros de evaluación de crecimiento del cultivo**

En esta actividad se va a definir la metodología de evaluación del crecimiento de los hongos para la determinación del indicador biológico, representado por la eficiencia biológica; el indicador de rendimiento, representado por la cantidad de biomasa producida; y el indicador de producción, representado por la cantidad de setas producidas (García Oduardo, Bermúdez Savónn , & Serrano Alberni , 2011).

## **3.2. Definir parámetros de evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto**

Para poder ejecutar el proyecto es de suma importancia garantizar a los dueños de las fincas que este es un proyecto rentable. Para esto se van a proponer una metodología

para realizar el análisis financiero, en el que se debe estimar el presupuesto de ingresos y de egresos en a través de una proyección de un flujo de caja en el que se tengan en cuenta variables económicas, y de esta manera lograr determinar la viabilidad del proyecto propuesto (Aceves, et al., s.f).

## Resultados

### 1. Analizar la información correspondiente a las características requeridas para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles.

#### 1.1. Estudio de las propiedades de las especies de hongos comestibles

Para la realización de este proyecto se recurrió a un análisis bibliográfico sobre las diferentes características de las especies que representan una mayor relación oferta-demanda a nivel mundial y nacional, ya que el reino Fungi cuenta con cerca de 70.000 especies; dentro del cual encontramos un grupo de hongos comestibles con más de 5.000 especies (Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural, 2001). De acuerdo con el libro “La biología y el cultivo de *Pleurotus spp*”, alrededor de 1979, la especie de hongo comestible mayormente producida en el mundo era *Agaricus bisporus*, ya que esta acaparaba cerca del 70% de la oferta a nivel mundial, siendo China su mayor productor. En los 90’s esto fue cambiando porque en el mercado internacional se fueron introduciendo más especies de hongos comestibles (Royse & Sánchez, 2001).

En la siguiente tabla se muestra la comparación de la cantidad de peso fresco producida a nivel mundial de hongos comestibles en los años 1986 y 1994.

**Tabla 4.**

*Producción mundial de hongos comestibles cultivados en 1986 y 1994.*

Nombre	1986		1994		Incremento (%)
	100 ton	%	1000 ton	%	
<i>Agaricus bisporus</i>	1,215	55.8	1,846	37.6	51.9
<i>Lentinula edodes</i>	320	14.7	826	16.8	158.1
<i>Pleurotus spp</i>	169	7.8	797	16.3	371.6
<i>Auricularia spp</i>	119	5.5	420	8.5	301.0
<i>Volvariella volvacea</i>	178	8.2	299	6.1	68.0
<i>Flammulina velutipes</i>	100	4.6	230	4.7	130.0
<i>Tremella fuciformis</i>	40	1.8	156	3.2	290.0
<i>Hypsizygus marmoreus</i>	-	-	55	1.1	-
<i>Pholiota nameko</i>	25	1.1	27	0.6	8.0
<i>Grifola frondosa</i>	-	-	14	0.3	-
Otros	10	0.5	239	4.8	2,290.0
Total	2,176	100.0	4,909	100.0	125.6

**Fuente:** (Royse & Sánchez, 2001).

A nivel internacional se encontraron gran cantidad de informes de la producción y consumo de este tipo de hongos. De acuerdo con un informe realizado por la Corporación Colombiana Internacional, el consumo de hongos cultivados para elpara el año 2003 rondaba alrededor de “los 3 millones de toneladas de treinta especies diferente”. Sin embargo, estas cifras han venido aumentando exponencialmente debido al incrementado interés por la elección de productos vegetales saludables y ricos en proteínas. El principal productor de hongos comestibles es Asia, ya que representa un 49% de la producción mundial, seguido por Europa, con un 34% y América con un 16% de la producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural , 2020).

Como se observa en la tabla 5, en el informe realizado por Eric Boa “Wild Edible Fungi: A global overview of their use and importance to people” se presentan 92 especies de hongos macromicetos-saprófitos cultivables (Boa, 2004).

**Tabla 5.**

*Hongos macromicetos saprófitos*

Nombre científico del macromiceto saprófito cultivable			
<i>Agaricus arvensis</i>	<i>G. curtisii</i>	<i>Lyophyllum fumosum</i>	<i>P. djamor</i>
<i>A. augustus</i>	<i>G. lucidum</i>	<i>L. ulmarium</i>	<i>P. eryngii</i>
<i>A. bisporus</i>	<i>G. oregonense</i>	<i>Macrocybe gigantea</i>	<i>P. euosmus</i>
<i>A. blazei</i>	<i>G. sinense</i>	<i>Macrolepiota procera</i>	<i>P. ostreatus</i>
<i>A. brunnescens</i>	<i>G. tenuis</i>	<i>Marasmius oreades</i>	<i>P. pulmonarius</i>
<i>A. campestris</i>	<i>G. tsugae</i>	<i>Morchella angusticeps</i>	<i>P. rhodophilus</i>
<i>A. subrufescens</i>	<i>Grifola frondosa</i>	<i>M. esculenta</i>	<i>Pluteus cervinus</i>
<i>Agrocybe aegerita</i>	<i>Hericium coralloides</i>	<i>Neolentinus lepideus</i>	<i>Polyporus indigenus</i>
<i>A. cylindracea</i>	<i>H. erinaceus</i>	<i>Oligosporus spp</i>	<i>P. saporema</i>
<i>A. molesta</i>	<i>Hypholoma capnoides</i>	<i>Oudemansiella radicata</i>	<i>P. umbellatus</i>
<i>A. praecox</i>	<i>H. sublateralium</i>	<i>Oxysporus nobilissimus</i>	<i>Psilocybe cyanescens</i>
<i>Albatrellus spp.</i>	<i>Hypsizygus marmoreus</i>	<i>Panellus serotinus</i>	<i>Schizophyllum commune</i>
<i>Armillaria mellea</i>	<i>H. tessulatus</i>	<i>Paneolus subbalteatus</i>	<i>Sparassis crispa</i>
<i>Auricularia auricula-judae</i>	<i>Inonotus obliquus</i>	<i>P. tropicalis</i>	<i>Stropharia rugosoannulata</i>
<i>A. fuscusuccinea</i>	<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	<i>Phallus impudicus</i>	<i>Trametes cinnabarinum</i>
<i>A. polytricha</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	<i>Phellinus spp.</i>	<i>T. versicolor</i>
<i>Calvatia gigantea</i>	<i>Laricifomes officinalis</i>	<i>Pholiota nameko</i>	<i>Tremella fuciformis</i>
<i>Coprinus comatus</i>	<i>Lentinula edodes</i>	<i>Piptoporus betulinus</i>	<i>Volvariella bombycina</i>
<i>Daedalea quercina</i>	<i>Lentinus strigosus</i>	<i>P. indigenus</i>	<i>V. volvacea</i>
<i>Dictyophora duplicata</i>	<i>Lentinus tigrinus</i>	<i>Pleurocybella porrigens</i>	<i>V. volvacea var. gloiocephala</i>
<i>Flammulina velutipes</i>	<i>Lentinus tuber-regium</i>	<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	
<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Lepista nuda</i>	<i>P. cornucopiae</i>	
<i>Ganoderma applanatum</i>	<i>L. sórdida</i>	<i>P. cystidiosus</i>	

**Fuente:** (Boa, 2004).

En el Perú fue realizado un estudio sobre la “Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional”, en donde se construyó un listado de los principales hongos comestibles de acuerdo con un análisis de las especies más comercializadas en el mundo (Freundt, 2003).

En la tabla 6 se observan las principales especies de hongos comestibles junto con su nombre comercial.

**Tabla 6.***Principales hongos comestibles*

Nombre científico	Nombre comercial
<i>Amanita caesarea</i>	Yema de huevo, Oronja
<i>Amanita rubescens</i>	Amanita
<i>Agaricus campestre</i>	Champiñón de París
<i>Agaricus brunnescens</i>	Champiñón portobello (EE. UU)
<i>Agaricus bitorquis</i>	Champiñón (EE. UU, Europa y Brasil)
<i>Agaricus bisporus</i>	Champiñón (América, Europa)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Champiñón ostra (América, Europa, Asia)
<i>Lentinula edodes</i>	Shiitake, tonku (Asia, América)
<i>Volvariella volvacea</i>	Champiñón de pillé (Asia)
<i>Boletus edulis</i>	Hongo negro (América, Europa)
<i>Flammulina velutipes</i>	Enoki (Asia)
<i>Auricularia polytricha-judae</i>	Oreja de judas
<i>Pleurotus Eryngii</i>	Cardo

**Fuente:** (Freundt, 2003).

En el mercado internacional, la especie más consumida y producida es el hongo *Agaricus*, que abarca cerca del 56% de la producción, seguido por la especie *Lentinula edodes* y la *Volvariella*, con un 14% y un 8% respectivamente (Agronegocios, 2015). De acuerdo con el informe para el instituto de Ecología (Inecol) en México y ECOSUR, titulado “La producción Iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional”, los hongos comestibles s mayor cultivo en Iberoamérica son: *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus subrufescens*, *Ustilago maydis* y *Lentinula edodes*; siendo *A. bisporus* la especie más comercializada en todos los países iberoamericanos, seguida por *Lentinula edodes* (Andrade, et al., 2012).

En Colombia el cultivo de hongos comestibles es relativamente nuevo en comparación con otros países, y de acuerdo a informes sobre su producción, el género más consumido en el país es el *Agaricus*, a su vez, se identificó un interés por el cultivo del género *Pleurotus*, ya que como se indica en el informe “Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas”, el cultivo de especies de este grupo en el país está aumentando debido a que es un género que tiene demandas nutricionales simples, haciendo que puedan ser utilizados gran variedad de materiales como sustrato, y además, tiene un rápido crecimiento del micelio (Chegwin & Nieto, 2013); se ha llegado a reportar una aprovechamiento de hasta un 80% de los contenidos de celulosa y lignina de los sustratos utilizados en su cultivo (Benavides, 2013).

El género *Pleurotus* es uno de los géneros de hongos comestibles que muestran en su cultivo una alta eficiencia por su fácil adaptabilidad a pisos térmicos variados. También existe una gran diversidad de residuos agrícolas que pueden ser utilizados como sustrato, por ejemplo: bagazo de caña, aserrín, tallo de maíz, borra del café, entre otros. Durante su ciclo de vida (75 días) se logra recolectar la primera cosecha al mes de siembra, por lo tanto, en total se obtienen 4 cosechas (Sánchez, 2015).

Cada especie necesita diferentes condiciones medioambientales, las especies más representativas del género *Pleurotus* y las condiciones medioambientales generales para su cultivo se encuentran representadas en la tabla 7.

**Tabla 7.**

*Parámetros medioambientales para el cultivo de algunas especies del género Pleurotus.*

Especies	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	Luz (lux)
<i>P. citrinopileatus</i>	21-29	90-95	< 1,000	500-1,000
<i>P. cystidiosus</i>	21-27	85-90	< 2,000	500-1,000
<i>P. djamor</i>	20-30	85-90	500-1,500	750-1,500
<i>P. eryngii</i>	15-21	85-90	< 2,000	500-1,000
<i>P. euosmus</i>	21-27	90-95	< 1,000	750,1,500
<i>P. ostreatus</i>	10-21	85-90	< 1,000	1,000-1,500 (2,000)
<i>P. pulmonarius</i>	18-24	85-90	400-800	1,000-1,500 (2,000)
<i>P. tuber-regium</i>	30-35	85-90	< 2,000	-

**Fuente:** (MushWorld, 2004).

En la tabla 8 se encuentra el rango óptimo de temperatura para las etapas de incubación, inducción a la fructificación, fructificación y cosecha, de algunas especies reconocidas del género *Pleurotus*.

**Tabla 8.**

*Rangos de temperatura para el crecimiento micelial y fructificación de Pleurotus spp.*

<i>Pleurotus</i> especies	Temperatura de incubación (°C)	Temperatura de inducción (°C)	Temperatura óptima para la fructificación (°C)	Temperatura de cosecha (°C)
<i>P.abalonus</i>	15-35	12-18	20-30	25-30
<i>P. citrinopileatus</i>	24-29	21-27	21-29	23-25
<i>P. cystidiosus</i>	18-33	18-24	21-28	22-28
<i>P. cornucopiae</i>	15-35	12-28	20-28	15-25
<i>P.djamor</i>	15-35	18-25	24-30	20-30
<i>P. eyngii</i>	10-35	10-15	20-25	15-22
<i>P. ostreatus</i>	5-35	10-15,6	20-25	5-25
<i>P- pulmonarius</i>	5-35	5-27	20-25	13-20

**Fuente:** (Barba, et al., 2016)

El género *Agaricus* es el más cultivado y comercializado a nivel mundial, las especies pertenecientes a este género tienen como característica la forma de sus pileos, los cuales tienen forma convexa en su centro y posteriormente semi convexos o aplanados, y tienen himenios conformados por numerosas láminas delgadas que pueden ser de color rosa claro a marrón oscuro. Dentro de este género encontramos especies que crecen en pastizales, bosques, ecosistemas con muy poca vegetación o zonas arenosas, sobre suelo muy alterado y sobre residuos vegetales que han sido muy degradados (Palestina, et al., 2017).

En la tabla 9 se encuentran especificadas las características medioambientales de las especies más comercializadas.

**Tabla 9.**

*Parámetros medioambientales para el cultivo de algunas especies del género Agaricus.*

Especies	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	Luz
<i>A. bitorquis</i>	25-30	90-95	> 10,000	-
<i>A. bisporus</i>	16-28	85-95	5,000-12,000	-
<i>A. silvicola</i>	25-30	90	10,000-15,000	-
<i>A. campestris</i>	25-30	85-95	5,000-10,000	-

**Fuente:** Elaboración propia con base a (Stamets & Chilton, 1983); (Indian National Scientific Documentation Centre, 1999) ; (Duarte Barillas, 1998); (Campos, et al., 2012).

El género *Lentinula* es un género pequeño con, al menos, seis especies, estas especies tienen las siguientes características en común: tendencia a desarrollar una decoloración color pardo en su basidiocarpo, sus esporas son de color blanco, su estípite se encuentra cubierto por diminutas escamas fibrosas de color marrón rojizo, y su sombrero o píleo es color blanco en las primeras etapas del cultivo y a medida que se desarrolla se torna de color marrón. Las especies más comercializadas de este género son: *Lentinula edodes* y *Lentinula boryana* (Pegler, 1983).

En la tabla 10 se encuentran las características medioambientales de las especies más reconocidas del género *Lentinula*.

**Tabla 10.**

*Parámetros medioambientales para el cultivo de algunas especies del género Lentinula.*

Especies	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	Luz (lux)
<i>L. edodes</i>	21-27	95-100	>10,000	50-100
<i>L. boryana</i>	16-25	85-90	< 500	350

**Fuente:** Elaboración propia con base a (Gaitán Hernández & Salmenes, 2015), (MUSHWORLD, 2005).

El género *Volvariella* comprende alrededor de 50 especies que se caracterizan por tener sombreros acampanados, láminas blancas que con la maduración de sus esporas se tornan de color rosado débil, en la base del pie presentan una volva generalmente sacciforme (en forma de saco), y no presenta anillos. Las especies más reconocidas de este género son *V. volvacea*, *V. bombycina*, *V. taylorii* y *V. pusilla*, sin embargo, muy pocas especies de este género tienen un gran interés culinario a pesar de ser comestibles (Albertó, et al., 2017) *V. volvacea* es la especie más valorada del género, ya que gracias a sus características organolépticas representa cerca del 15% de la producción mundial de hongos comestibles (Jiménez, 2019).

En la tabla 11 se muestran los parámetros medioambientales para el cultivo de la especie *Volvariella volvacea*.

**Tabla 11.**

*Parámetros medioambientales para el cultivo de algunas especies del género Volvariella.*

Especies	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	Luz (lux)
V. volvacea	24-25	80-95	> 5,000	Oscuridad

**Fuente:** Elaboración propia con base a (MUSHWORLD, 2005).

### 1.2 Seleccionar las especies de hongos comestibles de acuerdo con sus características

Con base en la información encontrada se decidió evaluar las especies más comercializadas de los géneros *Pleurotus*, *Agaricus*, *Lentinula* y *Volvariella*. Su calificación será definida como alta, media o baja, de acuerdo con los criterios de evaluación: requerimientos nutricionales, factores ambientales, y oferta y demanda internacional y nacional.

**Tabla 12.**

*Interpretación para cada criterio de evaluación.*

Rango establecido	Interpretación
0,0-3,3	Baja
3,3-6,6	Media
6,6-10,0	Alta

**Fuente:** Elaboración propia.

Para evaluar el criterio “requerimientos nutricionales” se tendrá en cuenta la relación C/N necesaria para el crecimiento de la especie. El rango de evaluación será dado de la siguiente manera:

**Tabla 13.**

*Rango de evaluación del criterio "Requerimientos nutricionales"*

Criterio de evaluación “Requerimientos nutricionales”		
Puntuación alta	Puntuación media	Puntuación baja
Si se encuentra información de este requerimiento nutricional. La relación C/N se encuentra situada entre 8,5 y 11,5.	Si se encuentra información de este requerimiento nutricional. Su relación C/N es <8,5 o >11,5.	No se encuentra información sobre este requerimiento.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la evaluación del criterio “factores ambientales” se tendrá en cuenta la facilidad de implementación de estos factores para el cultivo de la especie. El rango de evaluación será dado de la siguiente manera:

**Tabla 14.**

*Rango de evaluación del criterio "Factores ambientales"*

Criterio de evaluación “Factores ambientales”		
Puntuación alta	Puntuación media	Puntuación baja
El cultivo de esta especie se da en temperaturas favorables con	El cultivo de esta especie puede requerir un control un poco más	El cultivo de esta especie requiere procesos muy

respecto al lugar de desarrollo del proyecto, los parámetros ambientales requeridos hacen que su cultivo es poco industrializado.	especializado de los factores ambientales en su crecimiento, por lo tanto, puede que se necesite un cultivo semi industrializado.	industrializados lo que puede generar sobrecostos para la implementación de este proyecto.
---	---	--

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la evaluación del criterio “oferta y demanda internacional y nacional” se tendrá en cuenta la información recopilada sobre las especies más consumidas de los géneros de hongos comestibles seleccionados. El rango de evaluación será dado de la siguiente manera:

**Tabla 15.**

*Criterio de evaluación de la oferta y demanda internacional y nacional.*

<b>Criterio de evaluación “oferta y demanda internacional y nacional”</b>		
<b>Puntuación alta</b>	<b>Puntuación media</b>	<b>Puntuación baja</b>
Esta especie se encuentra entre las más comercializadas a nivel internacional y nacional.	Esta especie cuenta con una relación oferta-demanda muy buena a nivel internacional, pero media a nivel nacional.	La relación oferta-demanda de esta especie es muy baja a nivel nacional y a nivel internacional.

**Fuente:** Elaboración propia.

A través de la tabla 16 se realizó la correspondiente evaluación con base en los criterios propuestos.

**Tabla 16.**

*Características de los géneros de hongos comestibles seleccionados.*

Género	Especies representativas	Criterios de calificación			Justificación
		Requerimientos nutricionales	Factores ambientales	Oferta y demanda internacional y nacional	
<i>Pleurotus</i>	<i>P. djamor</i>	9,0	9,0	2,0	La desventaja de esta especie se basa en su comercialización, en tanto que su estípote es dura. Su demanda a nivel nacional es muy baja. Tiene un período de formación de cuerpos fructíferos mucho más corto que otras especies de este género, los factores ambientales pueden ser controlados sin requerir procesos muy industrializados (Salmones , 2017).
	<i>P. ostreatus</i>	9,0	8,0	6,6	El comercio de esta especie se ha extendido en varios países llegando a ser el tercer hongo comestible más consumido. El rango de temperatura en que puede crecer el micelio es bastante amplio (0-35°C), crece en pH entre 5,5 a 6,5, y los sustratos que pueden ser utilizados son de fácil acceso, ya que son de tipo lignocelulósicos (Sánchez, 2015).
	<i>P. pulmonarius</i>	9,0	4,0	2,0	El comercio de esta especie es bajo, el control de los factores ambientales y relación C/N es muy bajo (Sánchez, 2015).
<i>Agaricus</i>	<i>Bisporus</i>	9,0	9,0	10,0	Esta es la especie más comercializada a nivel internacional y nacional. En cuanto a su producción, las temperaturas de su cultivo son favorables con las que se presentan en el departamento (García Ortiz, 2002).
	<i>A. campestris</i>	9,0	6,6	3,3	El ciclo de vida es mucho más complejo que otras especies, lo cual genera que su producción sea muy reducida alrededor del mundo, los requerimientos nutricionales y ambientales de esta especie son favorables para el desarrollo del proyecto (Edmundowicz & Wriston Jr., 1963).

Género	Especies representativas	Criterios de calificación			Justificación
		Requerimientos nutricionales	Factores ambientales	Oferta y demanda internacional y nacional	
<i>Lentinula</i>	<i>L. edodes</i>	9,0	9,5	6,6	Su producción ha venido aumentando alrededor del mundo, su costo de implementación es bajo y en sus etapas de cultivo se manejan rango de temperatura favorables con respecto a la temperatura del departamento de Santander (Rivera Morales, 2010).
<i>Volvariella</i>	<i>V. volvacea</i>	8,0	9,0	5,0	A pesar de que su comercio no es tan popular en Suramérica, en otras partes del mundo es un hongo comestible muy apreciado. Su comercialización puede llegar a ser muy buena. Sus requerimientos ambientales y nutricionales son favorables.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como conclusión del análisis se realizó la tabla 17, presentada a continuación:

**Tabla 17.**

*Selección de especies para el desarrollo del proyecto.*

<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Puntaje total</b>	<b>Justificación</b>
<i>Pleurotus</i>	<i>P. djamor</i>	20,0	No seleccionada.
	<i>P. ostreatus</i>	23,6	Seleccionada para su estudio en el proyecto.
	<i>P. pulmonarius</i>	15,0	No seleccionada.
<i>Agaricus</i>	<i>A. bisporus</i>	28	Seleccionada para su estudio en el proyecto.
	<i>A. campestris</i>	18,9	No seleccionada.
<i>Lentinula</i>	<i>L. edodes</i>	25,1	Seleccionada para su estudio en el proyecto.
<i>Volvariella</i>	<i>V. volvacea</i>	22	Seleccionada para su estudio en el proyecto.

**Fuente:** Elaboración propia.

Las especies seleccionadas son: *P. ostreatus*, *A. bisporus*, *L. edodes* y *V. volvacea*, estas especies tienen características nutricionales, de crecimiento y económicas aptas para el desarrollo del proyecto.

### **1.3. Definir las principales características del cultivo de las especies de hongos comestibles**

#### **1.3.1 Pleurotus ostreatus**

Este hongo saprófito es conocido por sus pocos requerimientos nutricionales, su capacidad de degradar materiales lignocelulósicos, y su elevada adaptabilidad a diferentes ambientes (Romero, 2006). El tamaño de su píleo puede variar entre 5 a 20 cm dependiendo de su edad y las condiciones de crecimiento, dependiendo de esta última característica también puede variar su color, encontrando algunos con colores grises y oscuros si crecen en zonas frías, y colores pardos y claros si crece en zonas templadas (Benavides, 2013).

#### Figura 4.

*Hongo Pleurotus ostreatus (Hongo ostra).*



**Fuente:** (Benavides, 2013).

#### **I. Requerimientos nutricionales**

**Fuente de carbono:** el control de la fuente de carbono es extremadamente importante, por ello se recomienda buscar una buena fuente de carbono, ya que es un condicionante para el rendimiento de la biomasa y va a influir directamente en la relación C/N. (Chegwin & Nieto, 2013).

**Fuente de nitrógeno:** este elemento es fundamental para el crecimiento en general de los hongos, sin embargo, de acuerdo con los informes investigados se logró determinar que altos contenidos de este pueden llegar a inhibir el crecimiento del micelio en el cultivo de este hongo (Chegwin & Nieto, 2013). La concentración de nitrógeno en ninguna de las fases del crecimiento del hongo debe pasarse del rango 1,3-1,5 % (Fernández, et al., s.f); de hecho, se recomienda que la concentración final de este elemento se conserve entre el 0,6 al 1,5% (Hernández & Ruilova, 2014).

**Relación C/N:** de acuerdo con las variables que componen esta relación puede fluctuar la eficiencia biológica y el tiempo de colonización. La relación C/N va a depender de la fase del cultivo del hongo, en la fase de crecimiento micelial se recomienda una alta relación de C/N, y para la fase de desarrollo de cuerpos fructíferos es recomendable una relación C/N baja; para esto se debe tener en cuenta que en general el rango óptimo de la relación C/N de cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* es de 30 y 300 (Cuervo & Garzón, 2008). Acorde con la información encontrada no se encuentra un valor óptimo declarado, sin embargo, algunos encontrados en la bibliografía son:

De acuerdo con el artículo investigativo "*Pleurotus ostreatus requirements for P, K, Mg, and Mn in submerged culture*" se estableció 40:1 como la relación de C/N recomendable para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, en un medio líquido (Martin & Tawiah, 1988).

A través de la investigación realizada, "*The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (Pleurotus ostreatus and Pleurotus cystidiosus)* ", se logró determinar que para las muestras utilizadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en las que se tenía una relación de C/N más baja en el sustrato, se obtiene un mayor

rendimiento que en las muestras de cultivo que se tenía una relación C/N más alta. De igual manera se logró concluir que al tener una relación C/N mayor se afectaba directamente el rendimiento y la calidad del cultivo de hongos (Thi Hoa, et al., 2015).

En la investigación “*Studies on the physicochemical properties and the cultivation of the oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)*”, se logró concluir que para tener una buena velocidad de formación y un buen rendimiento se debía lograr una relación de C/N de alrededor de 30.46, dado que al obtener una relación de 11.42 se tenía un rendimiento significativo, pero la formación de cuerpos era baja, y si se tenía una relación de 11.42 sucedía lo contrario (Hong, 1978).

En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en el estudio de Hong para la especie *P. ostreatus*.

**Tabla 18.**

*Relación C/N Pleurotus ostreatus.*

Relación C/N	Óptimo para crecimiento micelial	Óptimo para la fructificación
		Alta

**Fuente:** elaborado con base en (Hernández & Ruilova, 2014).

## II. Factores ambientales

La especie *Pleurotus ostreatus*, como todas las especies de su género, crecen en variedades de sustratos, pero es necesario el control de las siguientes variables para favorecer el proceso del cultivo en cada una de sus fases (Sánchez & Royse, 2017).

a) *Colonización o inoculación del sustrato:* Esta etapa consiste en traspaso del micelio hacia el sustrato que debe colonizar, para eso se establecen las siguientes condiciones:

**Temperatura:** la temperatura óptima para el crecimiento del micelio va desde los 20 y 25 °C, no obstante, en otras investigaciones consultadas se determinó que algunas cepas termofílicas pueden llegar a crecer a temperatura de hasta 35 °C (MushWorld, 2004).

**Humedad:** Durante esta etapa es necesario tener en cuenta el contenido de humedad que tiene el sustrato y la humedad relativa del ambiente, en el caso de esta especie se debe mantener una humedad relativa baja, y un 70% de humedad del sustrato (MushWorld, 2004).

**Ventilación:** La aireación en esta etapa puede ser baja dado que el crecimiento vegetativo se ve favorecido con la actividad respiratoria del micelio, en la cual el nivel de CO<sub>2</sub> también aumenta (Araque, et al., 2006). Se recomienda entre un 20 a 25% de concentración de CO<sub>2</sub> (Monterroso, 2009).

**Luminosidad:** Esta etapa del cultivo requiere completa oscuridad (Monterroso, 2009).

**pH:** Su rango de pH óptimo para el sustrato del cultivo en esta fase va desde 6.0 a 7.0 (Monterroso, 2009).

b) *Inducción de la fructificación:* Esta etapa es realizada mediante el control de ciertos factores ambientales que serían utilizados para frenar el crecimiento vegetativo y un estímulo para la posterior formación de cuerpos fructíferos. Incluye tiempos con cambios bruscos de temperatura, riego e iluminación (MushWorld, 2004).

c) **Fructificación:** En esta etapa se daría el crecimiento de los cuerpos fructíferos, los factores ambientales que deben ser controlados son:

Temperatura: 26 a 28°C (Monterroso, 2009).

**Humedad:** Se recomienda un rango entre 80 a 95% para humedad relativa y un 50% para la humedad del sustrato (MushWorld, 2004).

**Aireación:** Para esta etapa las concentraciones de CO<sub>2</sub> debe ser menor a 800 ppm o menor al 0.6%, es decir que debe tener una buena aireación (MushWorld, 2004).

**Luminosidad:** Para esta especie se recomienda entre 150 a 200 lux, evitando la exposición directa al sol (Monterroso, 2009).

En la tabla 19 se resume la temperatura y humedad requeridas por este hongo en sus etapas de crecimiento.

**Tabla 19.**

**Factores ambientales para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*.**

Factor	Crecimiento del micelio	Fructificación
Temperatura	20 a 25 °C	26 a 28 °C
Humedad relativa	Baja	80 a 95 %
Humedad del sustrato	70%	50%
Aireación (concentración CO <sub>2</sub> )	20 a 25 %	800 ppm o < 0.6 %
Luminosidad	Oscuridad	150 a 200 lux
pH	6.0 -7.0	6.5 – 7.0

**Fuente:** Adaptada de (Monterroso, 2009); (MushWorld, 2004).

### 1.3.2 *Agaricus bisporus*

Esta especie de hongos saprófitos se caracteriza por presentar sus carpóforos o setas redondeadas de color blanco con tamaño aproximado de 13 cm, y por la presencia de gran cantidad de laminillas en el himenio que se van oscureciendo hasta tornarse de con un color negro una vez que el hongo se desarrolla por completo (Calvo & Rodríguez, 2011).

**Figura 5.**

*Hongo Agaricus bisporus (Champiñón).*



**Fuente:** (Sonnenberg & Baars, 2014).

### **I. Requerimientos nutricionales**

**Fuente de carbono:** La fuente de carbono de esta especie por ser saprófitos proviene de la materia orgánica muerta proporcionada, de la cual toman hidratos de carbono (Lomas, 2015).

**Fuente de nitrógeno:** Para esta especie deben ser suministrados compuestos nitrogenados como aminoácidos o proteínas, ya que no tiene la capacidad de asimilar nitratos y solo soporta las sales amoniacales en concentraciones muy bajas (Lomas, 2015).

**Relación C/N:** Para la elaboración del sustrato se recomienda establecer una relación C/N de 24:1, con porcentajes de nitrógeno entre 1.6 a 1.8%. En las fases de crecimiento vegetativo se recomienda una relación más elevada C/N elevada que en la fase de fructificación (García, 2002).

En la tabla 20 se encuentra definido el grado que se requiere de la relación C/N en las etapas del cultivo de *A. bisporus*.

### **Tabla 20.**

*Relación C/N Agaricus bisporus.*

Relación C/N	Óptimo para crecimiento micelial	Óptimo para la fructificación
		Alta

**Fuente:** Elaborado con base en (García, 2002).

### **II. Factores ambientales**

a) **Colonización o inoculación del sustrato:** Para que esta etapa ocurra con éxito se deben formar unas manchas blancas sobre el sustrato, lo cual representa el crecimiento del micelio. En esta etapa el cultivo requiere las siguientes condiciones ambientales:

**Temperatura:** Esta etapa vegetativa, en la que se da el crecimiento micelial, se da en temperaturas de 22 a 28°C, con un rango óptimo entre los 24 a 25°C (Biswas, et al., 2012).

**Humedad:** La humedad relativa para el crecimiento micelial debe estar entre el 90 y 95% (Biswas, et al., 2012).

**Ventilación:** Escasa (Lomas Valencia, 2015).

**Luminosidad:** Completa oscuridad (Biswas, et al., 2012).

*b) Inducción de la fructificación:* Esta fase es realizada por medio de un del temo shock, el cual consiste en la disminución de la temperatura en rangos de 16 a 17 °C y brindando una buena ventilación para poder disminuir el nivel de CO<sub>2</sub> en el ambiente (InfoAgro, s.f.).

*c) Fructificación:* Durante este período se da el crecimiento de primordios, las condiciones ambientales que deben ser controladas son:

**Temperatura:** La especie *A. bisporus* se reproduce en un rango de temperatura de 12 a 18 °C, y su rango óptimo es de 16 a 18 °C (Biswas, et al., 2012).

**Humedad:** Se recomienda una humedad relativa entre el rango de 85 a 90% (Biswas, et al., 2012).

**Aireación:** Se requiere una muy buena aireación, por lo tanto, el contenido de CO<sub>2</sub> no debe rebasar el 0,1% para que no haya interferencias negativas (InfoAgro, s.f.).

**Luminosidad:** Requiere completa oscuridad (Biswas, et al., 2012).

En la tabla 21 se resumen las características ambientales que debemos tener en cuenta en las etapas de crecimiento del hongo.

**Tabla 21.**

*Requerimientos de temperatura del hongo *Agaricus bisporus* en las diferentes etapas.*

Etapa	Rango de temperatura [°C]	Rango temperatura óptima [°C]
Inoculación del sustrato	22-28	24-25
Inducción a la fructificación	16-17	17
Fructificación	12-18	16-18

**Fuente:** Elaborado con base en (Biswas, et al., 2012).

### 1.3.3 *Lentinula edodes*

Son hongos saprofitos capaces de degradar sustratos de tipo leñosos de difícil descomposición por su cantidad de lignina, su sombrero llamado píleo es de color marrón oscuro y tiene un diámetro entre 5 a 20 cm, su forma es convexa y presenta algunas verrugas blancas al igual que sus laminillas que tienen forma plana. Su tallo o estípite presenta muchas fibras. Sus esporas son de color blanco y presentan una forma ovalada (Rivera, 2010).

**Figura 6.**

*Hongo Lentinula edodes (Shiitake).*



**Fuente:** (MUSHWORLD, 2005).

### ***I. Requerimientos nutricionales***

**Fuente de carbono:** El carbono es el nutriente más importante para el shiitake, es el bloque de construcción para proteínas, ácidos nucleicos y azúcares en las células. Es la principal fuente de energía utilizada para la oxidación durante el metabolismo. El carbono generalmente proviene de compuestos orgánicos como azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes, almidón, celulosa, lignina, etc. (MUSHWORLD, 2005)

**Fuente de nitrógeno:** El nitrógeno es indispensable para construir protoplasma y elementos estructurales en las células del shiitake. Las principales fuentes de nitrógeno son compuestos de nitrógeno orgánicos e inorgánicos (MUSHWORLD, 2005).

**Relación C/N:** Los materiales con una relación de carbono nitrógeno de 25:1 tienen la proporción óptima para el crecimiento del micelio vegetativo, mientras que los materiales con una relación carbono nitrógeno de 40:1 son los mejores para la fase de reproducción del hongo. La concentración de nitrógeno más adecuada durante la fase vegetativa es 0.016-0.064%, mientras que para la fase reproductiva es de 0.02%. Las fases de formación de primordios y cuerpos fructíferos son las más sensibles a la concentración de nitrógeno y durante estas etapas no debe ser superior a 0.02% (MUSHWORLD, 2005).

De acuerdo con la información recopilada sobre la relación C/N y la concentración de N óptima para el crecimiento micelial y la fructificación se presenta la tabla 22.

**Tabla 22.**

*Relación C/N y concentración de nitrógeno para la producción de Shiitake.*

	Óptimo para crecimiento micelial	Óptimo para la fructificación
<b>Relación C/N</b>	25:1	40:1
<b>Concentración de N</b>	0.016 - 0.064%	0.02%

**Fuente:** (MUSHWORLD, 2005).

Vitamina B1 (tiamina): La vitamina B1 es necesaria para el crecimiento del micelio en el Shiitake y durante la fructificación; este compuesto es sensible al calor, se descompone por encima de 120 °C por lo que se debe evitar el sobrecalentamiento durante la esterilización del sustrato (MUSHWORLD, 2005).

## **II. Factores ambientales**

A continuación, se expondrán las diferentes condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del Shiitake durante sus diferentes etapas de cultivo (Cubillos, et al., 2010).

a) *Colonización o inoculación del sustrato:* El objetivo de esta etapa es darle al hongo las condiciones propicias para que invada el sustrato lo más rápido posible. Esta etapa debe cumplir con las siguientes condiciones:

**Temperatura:** El óptimo desarrollo de los hongos comestibles se logra a una temperatura entre 24 y 28 °C. Temperaturas menores pueden provocar un retardo en el crecimiento del micelio, mientras que temperaturas mayores pueden ocasionar la muerte del micelio (Cubillos, et al., 2010).

**Humedad:** Si el cultivo se realiza en bloques o bolsas plásticas, la humedad ambiental no es tan importante, ya que la bolsa mantendrá la humedad. Por el contrario, para otros métodos de cultivo, el hongo requiere un rango de humedad relativa de entre 70 y 80% para el adecuado desarrollo del micelio (Cubillos, et al., 2010).

**Ventilación:** Durante esta etapa puede ser mínima, ya que el hongo podrá soportar altas concentraciones de CO<sub>2</sub> (Cubillos, et al., 2010).

**Luminosidad:** Durante la colonización el hongo no necesita luz, sino una completa oscuridad. Durante toda esta etapa, y en especial en la primera semana desde la inoculación se deben inspeccionar las bolsas o los troncos de cultivo diariamente con el fin de comprobar el desarrollo de un micelio libre de contaminación (Cubillos, et al., 2010).

b) *Inducción de la fructificación:* En esta etapa se induce la formación de carpóforos o cuerpos fructíferos. Para ello se debe estimular al hongo con cambios bruscos de luz, temperatura y aireación, lo que desencadenará un proceso irreversible de inducción de primordios que posteriormente formarán los carpóforos. La temperatura en esta etapa podría ir de 5 a 10 °C como método de choque térmico (Cubillos, et al., 2010).

c) *Fructificación:* En esta etapa se daría el crecimiento de los cuerpos fructíferos, los factores ambientales que deben ser controlados son:

**Temperatura:** 18 a 25°C (Cubillos, et al., 2010).

**Humedad relativa del ambiente:** 80 a 90% (Cubillos, et al., 2010).

**Aireación:** Para esta etapa las concentraciones de CO<sub>2</sub> deben ser bajas y esto se logra manteniendo una ventilación constante (Cubillos, et al., 2010).

**Luminosidad:** Se recomienda emplear un fotoperiodo inicial de 10 horas de luz y 14 de oscuridad. Una vez que han proliferado los primeros primordios se debe aumentar el periodo de luz a 12 horas. Se debe evitar la exposición directa al sol. Si se observa que los pies de los carpóforos son excesivamente largos es un indicio de que la luz o la ventilación es insuficiente (Cubillos, et al., 2010).

En la tabla 23 se resumen los requerimientos de temperatura y humedad del hongo en cada etapa de crecimiento:

**Tabla 23.**

*Requerimientos de temperatura del hongo Shiitake en las diferentes etapas.*

Etapa	Rango de temperatura [°C]	Rango temperatura óptima [°C]
Germinación de esporas	15 – 28	22 – 26
Crecimiento micelial	5 – 32	24 – 27
Fructificación	5 – 25	15 ± 2

**Fuente:** (MUSHWORLD, 2005).

En la tabla 24 se resumen algunos parámetros de crecimiento de la especie *L. edodes*.

**Tabla 24.**

*Requerimientos de humedad en el sustrato y de humedad relativa para el cultivo del hongo Shiitake en las diferentes etapas.*

Etapa	Contenido de humedad en el sustrato [%]	Humedad relativa [%]	Condiciones de humedad en el sustrato
<b>Crecimiento micelial</b>	55	< 75	< 50%, crecimiento lento > 65%, crecimiento débil > 75%, contaminación
<b>Fructificación</b>	50 – 55	85 – 95	< 30%, dificultad para producir hongos > 95%, produce hongos podridos

**Fuente:** (MUSHWORLD, 2005).

#### 1.3.4 *Volvariella volvacea*

Esta especie tiene como característica la forma convexa de su píleo, el cual puede medir entre 5 y 14 cm de diámetro, es liso y tiene forma de mamelón en su centro, es de color pardo o gris ocre; en el himenio presenta láminas de color blanco y al madurar se tornan de rosa salmón. Su pie o estípote tiene textura fibrosa y puede medir más de 2 cm de diámetro (Ruelas, 2009).

**Figura 7.**

*Hongo Volvariella volvacea (Seta de arroz).*



**Fuente:** (Daehncke , 2020).

### ***I. Requerimientos nutricionales***

**Fuente de carbono:** El porcentaje de carbono requerido para el cultivo de esta especie es mayor que el de nitrógeno; esta especie de hongo comestible prefiere la celulosa y el almidón como fuente de aporte de carbono para su crecimiento (Hepperly & Torres, 1987).

**Fuente de nitrógeno:** El exceso de nitrógeno reduce el crecimiento de *Volvariella volvacea*, el porcentaje de nitrógeno final debe de ser de alrededor un 6,9% de la base del peso seco. Algunos autores han recomendado concentraciones de 0,47 g N/1 (Voltz, 1972), 0,42 g N/1 (H. S & K.L, 1979), 0,25 g N/1 (Yung Chang & N.T, 1977) y 1,32 g N/1 (Shatin, 1980), las variaciones encontradas en los resultados de estas investigaciones se encuentran justificadas en los medios basales de cultivo utilizados; sin embargo, en todos estos estudios se logró concluir que el nitrógeno de aminoácidos orgánicos favorece el crecimiento de *V. volvacea* (Hepperly & Torres, 1987).

**Relación C/N:** El crecimiento de esta especie se ve favorecido en relaciones C/N superiores a 60:1 (Hepperly & Torres, 1987).

### ***II. Factores ambientales***

A continuación, se expondrán las diferentes condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del hongo *Volvariella volvacea* durante sus diferentes etapas de cultivo.

a) *Colonización o inoculación del sustrato:* Esta etapa es de gran importancia en el ciclo del cultivo de los hongos, ya que a partir del éxito de esta podremos tener una tasa de desarrollo del cultivo elevada.

**Temperatura:** Teniendo en cuenta que es un hongo mesófilo se define un rango de temperatura de 32 a 34°C, con una temperatura óptima de 32 °C para la colonización del sustrato (Chang & Quimio, 1982).

**Humedad:** Los porcentajes de humedad relativa aceptables se encuentran entre el 70 al 75%, la humedad del sustrato puede variar entre  $\pm$  10% de la humedad del ambiente (Guzmán, et al., 1993).

**Ventilación:** Escasa a media (Guzmán, et al., 1993).

**Luminosidad:** No es requerida.

b) *Inducción de la fructificación:* Esta etapa empieza una vez el micelio del hongo haya colonizado el sustrato, para dar inicio a la fructificación es importante someter al hongo a cambios bruscos de temperatura, humedad, luz y ventilación para evitar la concentración de CO<sub>2</sub>, de tal modo que se el hongo sepa que es momento de empezar la etapa de fructificación (Chang & Quimio, 1982).

c) *Fructificación:* La etapa de fructificación consiste en el crecimiento y reproducción de cuerpos fructíferos. Se deben brindar las siguientes condiciones al cultivo:

**Temperatura:** Se recomienda una temperatura entre 28 a 35°C (Ardón, 2007).

**Humedad:** El rango de humedad relativa establecido es de 80- 85%, y el de la humedad en el sustrato se encuentra entre 70-75% (Guzmán, et al., 1993).

**Aireación:** Muy buena, > 5,000 (Guzmán, et al., 1993).

**Luminosidad:** No es requerida (Guzmán, et al., 1993).

En la tabla 25 se resume los requerimientos de temperatura y humedad del hongo en cada etapa de crecimiento:

**Tabla 25.**

*Requerimientos del hongo Volvariella volvacea en las diferentes etapas.*

Etapa	Rango temperatura óptima [°C]	Humedad (%)	Ventilación	Luminosidad
<b>Colonización del sustrato</b>	32 a 34	70-75	Escasa a media	No es requerida
<b>Inducción a la fructificación</b>	< 28	Cambios bruscos		
<b>Fructificación</b>	28 a 35	80-85	Muy buena	No es requerida

**Fuente:** (Guzmán, et al., 1993).

#### 1.4. Identificar los sistemas de cultivo de hongos

El sistema de cultivo seleccionado para el proyecto puede ser determinante en temas de presupuesto, facilidad de implementación, y eficiencia en la productividad. Para este proyecto se van a estudiar los sistemas de cultivo americano, holandés, francés y en troncos (Orozco & Sierra, 2014).

### 1.4.1. Sistema de cultivo “americano”

Este tipo de cultivo se lleva a cabo empleando bases de madera invertidas para camas en las cuales se deposita el compost (Orozco & Sierra, 2014).

#### Figura 8.

*Sistema de cultivo americano.*



**Fuente:** (Michel, 2005).

### 1.4.2. Sistema de cultivo “holandés”

El sistema de cultivo holandés es realizado en bandejas en cuartos computarizados con los que se facilita el control de variables ambientales (Orozco & Sierra, 2014).

#### Figura 9.

*Sistema de cultivo holandés.*



**Fuente:** (Michel, 2005).

### 1.4.3. Sistema de cultivo “francés”

Este es realizado empleando bolsas plásticas, usualmente de polipropileno. Este sistema cuenta con una gran ventaja puesto que es económico y práctico (Orozco & Sierra, 2014).

**Figura 10.**

*Sistema de cultivo francés.*



**Fuente:** (Michel, 2005).

#### **1.4.4. Sistema de cultivo en troncos**

Como su nombre lo indica es realizado en troncos, es sencillo y tiene un costo de implementación muy bajo (Orozco & Sierra, 2014).

**Figura 11.**

*Sistema de cultivo en troncos.*



**Fuente:** (Hifas foresta, s.f.).

## 2. Plantear estrategias para la ejecución de cultivos de hongos comestibles de acuerdo con los residuos agrícolas disponibles en las granjas seleccionadas.

### 2.1. Selección de granjas

Esta actividad fue realizada teniendo en cuenta las granjas inscritas en la Cámara de Comercio de Bucaramanga. Fueron escogidas granjas orgánicas, ya que el tipo de residuos generados en estas tienen una menor exposición a pesticidas y a productos químicos indeseados en el cultivo de hongos comestibles.

En la tabla 26 se encuentran las granjas seleccionadas para el proyecto.

**Tabla 26.**

*Granjas seleccionadas.*

Nombre de la granja	Ubicación	Tipo de finca
Finca orgánica San Sebastián	Aratoca, Santander	Cafetera
Hacienda La Pradera	Aratoca, Santander	Cafetera
Hacienda Buenavista	Pinchote, Santander	Cafetera

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.2. Identificar los residuos agrícolas producidos en cada una de las granjas seleccionadas

Para la identificación de los residuos agrícolas generados en el proceso productivo del café es necesario conocer las actividades realizadas dentro de cada etapa de este. Las fincas cafeteras utilizan dos tipos de métodos para el procesamiento de la cereza del café, el primero de ellos es por vía húmeda, con el cual se logra un grano de café “suave”, y el segundo es por vía seca o natural. Las fincas seleccionadas utilizan el método de “vía húmeda”, de este método se derivan etapas como es despulpado, el cual consiste en extraer la pulpa que se encuentra en el contorno del fruto, la remoción del mucílago o la baba del grano de café, y el lavado, con el cual se quita el color al mucílago (Cárdenas & Pardo, 2014).

Posterior a estas etapas, ocurre el secado del café, con el cual se reduce el contenido de humedad del café, esta etapa puede ser realizada haciendo uso de maquinaria o del sol. El café obtenido de estas etapas es nombrado café pergamino. La siguiente etapa es la de trillado, esta consiste en la separación del grano la cáscara que rodea la semilla del café (pergamino). La siguiente etapa es la torrefacción, en esta etapa el café es sometido a altas temperaturas para cambiar propiedades físicas y químicas del café, como son: el cambio de color, disminución de peso y cafeína, producción de dióxido, incremento del volumen, y la descomposición de almidón, sacarosa y dextrinas en azúcares (Cárdenas & Pardo, 2014).

Por último, encontramos la poda, la cual es realizada cuando el crecimiento vegetativo genera disminución de la producción. Se realiza dependiendo del momento en el que acaba el ciclo de producción, en el caso de que se cuente con cosechas principales en el primer semestre del año esta actividad es realizada en el siguiente semestre, si en el segundo semestre del año se cuenta con cosecha principal esta actividad debe ser realizada en el primer semestre, pero si

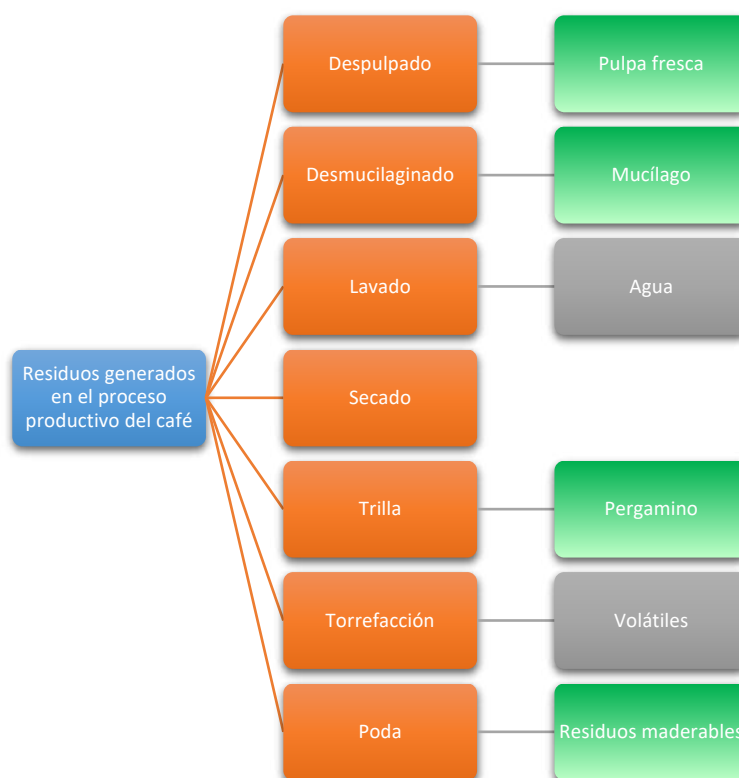
se cuenta con una cosecha distribuida igualmente entre los dos semestres es recomendable que se realice en el semestre donde se presenten lluvias menos intensas (Rendon, 2016).

Existen diferentes tipos de podas, estos se basan en las características del cultivo, tales como densidad y edad de las plantas, arreglos espaciales, sitios faltantes y estado fitosanitario. Entre los sistemas de podas encontramos la “poda calavera sin descope o con descope”, esta consiste en eliminar, ya sea parcial o totalmente, las ramas dejando 10 cm de longitud de estas y el tallo, con o sin descope, con una altura mayor a 1,80 m; “la poda de esqueletamiento o despunte de ramas” consiste en realizar un corte de ramas de 20 y 40 cm y descopar el tallo a 1,80 m; “la poda pulmón” se realiza haciendo una poda de las ramas entre los 20 y 40 cm, y tomar 60 cm como medida desde el suelo para cortar el tallo; y “ la zoca común o total”, este sistema de poda se hace cortando el tallo a una altura de 30 cm desde el suelo (Rendon, 2016).

Los residuos generados en el proceso productivo del café son:

### Figura 12.

*Residuos generados en el proceso productivo del café.*



**Fuente:** Elaborado con base a (Rodríguez, s.f).

Del análisis del proceso productivo del café se lograron identificar aquellos de tipo orgánico que tienen características aprovechables para el proyecto, los cuales se encuentran seleccionados en la figura No.1 con color verde, y aquellos residuos que no tienen características para ser aprovechables lo encontramos seleccionados de color gris.

Según lo mencionado anteriormente se presenta la tabla 27 con los residuos orgánicos aprovechables identificados del proceso productivo del café descrito:

**Tabla 27.**

*Residuos orgánicos aprovechables de cada etapa del proceso productivo del café manejado en las fincas seleccionadas.*

Etapa	Residuo orgánico aprovechable
Despulpado	Pulpa fresca
Desmucilaginado	Mucílago
Lavado	-
Secado	-
Trilla	Pergamino
Torrefacción	-
Poda	Residuos maderables

**Fuente:** Elaborado con base a (Rodríguez Valencia , Manejo de residuos en la agroindustria cafetera, s.f).

### 2.3. Detallar el aporte nutricional de cada uno de los residuos

El primer residuo generado es la pulpa de café, este constituye el 39% del fruto de café. La pulpa de café se puede presentar en tres estados: fresca, deshidratada no fermentada o deshidratada y fermentada naturalmente. La composición química hallada entre la pulpa de café deshidratada sin fermentar y la deshidratada fermentada son bastante parecidos, sin embargo, estos valores pueden variar con base a la práctica agrícola aplicada, la variedad de café utilizado y las condiciones del sitio (Braham & Bressani, 1978).

Las tablas 28 y 29 presentan los valores encontrados de la composición química de la pulpa de café.

**Tabla 28.**

*Composición química de la pulpa de café.*

Compuesto	Fresca	Deshidratada	Fermentada naturalmente y deshidrata
Humedad	76,7 %	12,6 %	7,9 %
Materia seca	23,3 %	87,4 %	92,1 %
Extracto etéreo	0,48 %	2,5 %	2,6 %
Fibra cruda	3,4 %	21,0 %	20,8 %
Proteína cruda N x 6.25	2,1 %	11,2 %	10,7 %
Cenizas	1,5 %	8,3 %	8,8 %
Extracto libre de nitrógeno	15,8 %	44,4 %	49,2 %

**Fuente:** (Braham & Bressani, 1978).

En cuanto a los minerales presentes en la pulpa de café debe resaltar su alto contenido de potasio con un 1.765 % o 1765 mg %.

**Tabla 29.**

*Contenido de cenizas y minerales en la pulpa de café.*

Compuesto	Contenido
Ceniza, g %	8,3
Ca, mg %	554
P, mg %	116
Fe, mg %	15
Na, mg %	100
K, mg %	1765
Mg	Trazas
Zn, ppm	4
Cu, ppm	5
Mn, ppm	6,25
B, ppm	26

**Fuente:** (Braham & Bressani, 1978).

En el estudio "Pulpa de café: composición, tecnología y utilización" fueron analizados los componentes de la pared celular y polisacáridos presentes en la pulpa de café mediante el método Van Soest.

La tabla 30 muestra el porcentaje obtenido de los constituyentes estructurales de la pulpa de café en dicho estudio.

**Tabla 30.**

*Constituyentes de paredes celulares y polisacáridos estructurales en la pulpa de café.*

Constituyentes	g (%)
Contenido celular	63,2
Fibra detergente neutra	36,8
Fibra ácida detergente	34,5
Hemicelulosa	2,3
Celulosa	17,7
Lignina	17,5
Proteína lignificada	3,0
Proteína cruda	10,1
Cenizas insolubles	0,4

**Fuente:** (Braham & Bressani, 1978).

Cenicafé realizó estudios de las características que presenta las características de los residuos de pulpa de café y su mezcla con el mucílago, los resultados obtenidos son presentados en la tabla 31.

**Tabla 31.**

*Características de la pulpa de café y la pulpa de café mezclada con mucílago.*

Insumo	Pulpa sola	Pulpa sola	Pulpa y mucílago	Pulpa y mucílago
Determinación	Fresca	2 meses	Fresca	2 meses
Humedad	74.83	79.6	87.9	83.33
pH	4.4	8.25	4.13	7.08
Cenizas (%)	6.66	14.68	7.13	10.17
Grasa (%)	1.6	1.49	2.00	1.82
Proteína (%)	11.00	19.91	12.11	18.14
Fibra (%)	11.43	29.47	17.16	25.06
CHO solubles	69.31	34.47	61.44	44.83
MO (%)	93.34	85.33	92.70	89.83
C/N	30.72	15.55	27.95	18.60
N (%)	1.76	3.72	1.94	2.90
P (%)	0.13	0.23	1.13	0.18
K (%)	2.82	6.55	2.75	3.79
Ca (%)	0.32	0.75	0.37	0.75
Mg (%)	0.08	0.18	0.11	0.18
Fe (ppm)	158.75	1575	700	1170
Mn (ppm)	69.00	95.50	43.00	96.50
Zn (ppm)	8.25	76.00	45.75	83.5
Cu (ppm)	9.50	15.00	17.75	17.00
B (ppm)	21.75	45.00	18.70	38.00

**Fuente:** (Suárez, 2012).

El mucílago constituye cerca del 17 % del fruto del café, y se encuentra compuesto principalmente por materias pécticas formadas en la etapa de maduración del fruto por medio de pectato de calcio; los azúcares reductores y no reductores también constituyen gran parte del mucílago de café (Armas, et al., 2008).

**Tabla 32.**

*Composición química del mucílago (Armas, et al., 2008).*

Compuesto	%
Materias pécticas totales	33,0
Azúcares reductores	30,0
Azúcares no reductores	20,0
Celulosa, ceniza, etc.	17,0

**Fuente:** (Armas, et al., 2008).

De acuerdo con el estudio realizado por los autores Carbonell y Villanova, se presenta la tabla 33 en la que se muestra los porcentajes de elementos que la composición química del mucílago es la siguiente:

**Tabla 33.**

*Composición de la capa mucilaginosa del café (Carbonell y Villanova, 1974).*

Compuesto	% Base seca
Sustancias pécticas totales	35.8
Pectina	5.70
Carbohidratos totales	50.00
Azúcares reductores	30.00
Azúcares no reductores	20.00
Nitrógeno	0.95
Proteína	5.95
Acidez	4.56
Ceniza	4.10
Humedad	88.6

**Fuente:** (Carbonell & Villanova , 1974).

El pergamino de café constituye el 7 % del fruto, tiene alrededor de un 7,6% de humedad y un 0,39% de nitrógeno. Su composición química se encuentra representado de la tabla 34.

**Tabla 34.**

*Compuestos presentes en el pergamino de café.*

Compuesto	Porcentaje (%)
Extracto etéreo	0,4
Proteínas totales	1,5
Celulosa bruta	50,2
Hemicelulosa	11,6
Azúcares	21,3
Pentosanos	26,0
Cenizas	1,0

**Fuente:** (Braham & Bressani, 1978).

En el estudio “Análisis ambiental debido a la transición energética de la cascarilla de café: caso de estudio en el municipio de Villanueva, La Guajira” se realizó una revisión bibliográfica sobre las características fisicoquímicas del pergamino o cascarilla de café. A partir de esta revisión se debe especificar que la gran diferencia entre los valores obtenidos del poder calorífico es debido a que el estudio realizado por el autor Luis A. Toscano se lleva a cabo en Guayaquil-Ecuador con café arábigo lavado, arábigo natural y robusto mientras que los autores Juan D. Meneses y Rosa A. Arias hicieron su estudio en Managua-Nicaragua, utilizando la variedad, arábigo; lo mismo ocurre al comparar los valores obtenidos de celulosa, lignina y hemicelulosa, ya que el estudio de los autores Juan D. Meneses y Rosa A. Arias, y la autora Ana B. Álvarez analizaron distintas clases de café cultivado (Bastidas & Torres, 2017).

Los resultados del estudio se encuentran en la tabla 35.

**Tabla 35.**

*Caracterización fisicoquímica y calórica de la cascarilla de café (pergamino) según diversos autores.*

<b>Caracterización fisicoquímica y calórica de la cascarilla de café</b>					
<b>Parámetros</b>	<b>“Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa” (Toscano Morales , 2009)</b>	<b>“Caracterización de la biomasa vegetal: cascarilla de café” (Manals Cutino , Salas Tort, &amp; Penedo Medina, 2018)</b>	<b>“Caracterización residuos agroindustriales (Cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol” (Zuñiga Suarez, 201)</b>	<b>“Caracterización fisicoquímica de varios residuos agroindustriales y sus mezclas para la producción de biocombustible ” (Alvarez Hincapie , 2016)</b>	<b>“Semivolatil e and volatile compound evolution during pyrolysis and combustion of Colombian Coffee Husk. Energy and Fuels” (Conesa, Sánchez , Garrido, &amp; Casas, 2016)</b>
Poder calorífico (kJ/kg)	14215	-	31204,27	-	-
Contenido de humedad (%)	10	10,1	8,6	15	9,3
Material volátil (%)	-	82	87,7	-	-
Contenido de cenizas (%)	0,6	1,2	10,5	5,4	3,2
Carbono (%)	46,4	50,3	-	-	44
Hidrógeno (%)	4,86	5,3	-	-	6,1
Oxígeno (%)	46,7	43,8	-	-	45,3
Nitrógeno (%)	0,59	<1	-	-	1,1
Azufre (%)	0,59	-	-	-	0,3
Fósforo (%)	-	-	0,1	-	0,07
Potasio (%)	-	-	3,03	-	2,67
Calcio (%)	-	-	0,25	-	3,01
Magnesio (%)	-	-	0,05	-	0,33
Celulosa (%)	-	-	36,7	24,5	-
Lignina (%)	-	-	15,93	23,7	-
Hemicelulosa (%)	-	-	47,37	27,7	-

**Fuente:** (Bastidas & Torres, 2017).

Los residuos maderables han sido utilizados como sustratos o aditivos para el cultivo de hongos comestibles en forma de madera particulada o aserrín. En el estudio “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de tallos de café y su análisis económico para la producción de pellets como biocombustible sólido” fueron tomadas muestras de fincas cafetaleras ubicadas en el departamento del Valle del Cauca, estas fueron clasificadas en tres grupos de tallos, tipo A, tipo B y tipo C, se realizaron las pruebas de humedad y se obtuvieron los resultados de la tabla 36.

**Tabla 36.**

*Humedad de los tallos de madera para tiempos de 3 días, 1 mes y 9 meses después de la poda.*

Tipo de muestra	Tiempo después de la poda	Humedad (%)
Tipo A	3 días	34,7
Tipo B	1 mes	11,5
Tipo C	9 meses	11,44

**Fuente** (Cañas, et al., 2011).

En este mismo estudio se realizó un análisis aproximado y elemental de la madera del café, dando como resultado los datos de la tabla 37.

**Tabla 37.**

*Composición química de la madera de café.*

Biomasa	Análisis aproximado					Análisis elemental				
	Mat. volátil	C. Fijo	Humedad	Azufre	Cenizas	C	O	H	N	S
Madera de café	73.63 %	12.9 %	11.44 %	0.06 %	2.03 %	43.0 %	36.3 %	4.7 %	0.9 %	0.07 %

**Fuente:** (Cañas, et al., 2011).

#### **2.4. Definir combinaciones de sustratos para el cultivo**

La elaboración del sustrato es realizada mediante un análisis de los requerimientos nutricionales que tiene cada especie seleccionada y el aporte nutricional de cada uno de los residuos orgánicos aprovechables que fueron identificados en el proceso productivo del café. Uno de los factores determinantes para la selección de las combinaciones es la relación C/N que los componentes pueden presentar al mezclarlos, ya que de esta depende que el crecimiento del hongo sea el óptimo y presente una buena eficiencia biológica (Castro, et al., 2018) .

En la tabla 38 se evidencia la comparación entre las necesidades nutricionales de cada especie y el aporte nutricional de los residuos orgánicos generados en las fincas seleccionadas.

**Tabla 38.**

Comparación entre los requerimientos nutricionales de cada especie y el aporte nutricional de los residuos orgánicos.

Especies seleccionadas	Relación C/N requerida	Nitrógeno requerido (%)	Residuos orgánicos generados en las fincas cafeteras seleccionadas	Relación C/N	Carbono aportado (%)	Nitrógeno aportado (%)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	40:1	1.3 -1.5	Pulpa de café fresca	30.32	53.36	1.76
<i>Agaricus bisporus</i>	24:1	1.6 – 1.8	Pulpa de café después de 2 meses de almacenamiento	15.55	57.85	3.72
<i>Lentinula edodes</i>	25:1	0.016 – 0.064	(Pulpa de café + mucilago) frescos	27.95	54.22	1.94
<i>Volvariella volvacea</i>	60:1	0.4 a 1	(Pulpa de café + mucilago) después de 2 meses de almacenamiento	18.60	53.94	2.90
			Pergamino	40	23.6	0.59
			Restos de poda	47.77	42.99	0.9

Fuente: Elaboración propia.

La relación C/N de los sustratos fue determinada utilizando la siguiente fórmula:

#### Ecuación 1.

Relación C/N de los sustratos (Roman , Martinez, & Pantoja, 2013).

$$R = \frac{Q_1 * (C_1 * (100 - M_1)) + Q_2 * (C_2 * (100 - M_2)) + Q_3 * (C_3 * (100 - M_3)) + \dots}{Q_1 * (N_1 * (100 - M_1)) + Q_2 * (N_2 * (100 - M_2)) + Q_3 * (N_3 * (100 - M_3)) + \dots}$$

Siendo:

Q = la cantidad del material que se adiciona

N= % Nitrógeno

C= % C

M= % Humedad

Teniendo que el peso de cada bolsa es de 5 kg se realiza la anterior ecuación para definir las combinaciones de sustratos de la siguiente manera:

- *Pleurotus ostreatus*

Para esta especie se propone la combinación de los residuos de pulpa de café + pergamino.

**Ecuación 2.**

*Relación C/N de los sustratos del cultivo de Pleurotus ostreatus*

$$R = \frac{4.1 * (53.36 * (100 - 74.83)) + 0.9 * (46.4 * (100 - 10))}{4.1 * (1.76 * (100 - 74.83)) + 0.9 * (0.59 * (100 - 10))}$$

$$R = 40.42$$

- *Agaricus bisporus*

Para esta especie se propone la combinación de los residuos de pulpa de café después de dos meses de almacenamiento + pergamino.

**Ecuación 3.**

*Relación C/N de los sustratos del cultivo de Agaricus bisporus.*

$$R = \frac{4.1 * (57.85 * (100 - 79.6)) + 0.9 * (46.4 * (100 - 10))}{4.1 * (3.72 * (100 - 79.6)) + 0.9 * (0.59 * (100 - 10))}$$

$$R = 23.95$$

- *Lentinula edodes*

Para esta especie se propone la combinación de los residuos de pergamino + restos de poda.

**Ecuación 4.**

*Relación C/N de los sustratos del cultivo de Lentinula edodes.*

$$R = \frac{1.8 * (46.4 * (100 - 10)) + 3.2 * (43.0 * (100 - 11.44))}{1.8 * (0.59 * (100 - 79.6)) + 3.2 * (0.9 * (100 - 11.44))}$$

$$R = 24.90$$

- *Volvariella volvacea*

Para esta especie se propone la combinación de los residuos de pulpa de café y mucílago frescos + restos de poda como aditivo.

**Ecuación 5.**

Relación C/N de los sustratos del cultivo de *Volvariella volvacea*.

$$R = \frac{2.5 * (53.36 * (100 - 74.83)) + 2.5 * (46.4 * (100 - 10))}{2.5 * (1.76 * (100 - 74.83)) + 2.5 * (0.59 * (100 - 10))}$$

$$R = 60.12$$

La siguiente tabla muestra los resultados de las combinaciones formuladas utilizando las operaciones anteriormente descritas.

**Tabla 39.**

Formulación de las combinaciones de sustratos para el cultivo.

Especies	Formulación (% en materia seca) en cada especie		
	Formulación	Aditivos	Resultados relación C/N
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Pulpa de café fresca (4.1 kg) + pergamino (0.9 kg)	Cal para el control del pH + yeso	40.42
<i>Agaricus bisporus</i>	Pulpa de café después de dos meses almacenada (4.1 kg) + pergamino (0.9 kg)	Cal para el control del pH + yeso	23.95
<i>Lentinula edodes</i>	Pergamino (1.8 kg) + restos de poda (3.2 kg)	Cal para el control del pH + yeso	24.90
<i>Volvariella volvacea</i>	Pulpa de café fresca (2.5 kg) + pergamino (2.5 kg)	Cal para el control del pH + yeso	60.12

**Fuente:** Elaboración propia.

Esta actividad debe ser complementada con análisis químico de los residuos orgánicos que serán aprovechados en cada una de las fincas, ya que la composición de estos puede variar por diversos factores.

## 2.5. Definir el sistema de cultivo apropiado para asegurar el crecimiento del hongo en el cultivo

En la tabla 40. Se encuentran los proyectos que fueron tomados como base para en análisis de las características de los diferentes sistemas de cultivo de hongos.

**Tabla 40.**

*Proyectos analizados para la determinación del sistema de cultivo.*

Nombre del proyecto	Descripción	Sistema de cultivo	Análisis de resultados conforme al enfoque de los sistemas de cultivo	Conclusiones conforme al enfoque de los sistemas de cultivo
<p>“Estudio para la creación de una empresa productora y comercializadora de (<i>Orellana, Portobello, champiñones</i>) con mujeres cabeza de familia en el municipio de Fusagasugá.”</p>	<p>El proyecto consistió realizar una propuesta para la implementación del cultivo de setas analizando los factores técnicos, financieros y sociales alrededor del proyecto.</p>	<p>Francés</p>	<p>En este estudio se determinaron factores referentes al estudio de mercados, y se realizó una estimación de costos de 13.000.000.</p>	<p>Se logró concluir que el proyecto es viable técnica, financiera, legal y socialmente. El sistema de cultivo elegido tiene un costo de implementación aceptable y de acuerdo con las proyecciones se pueden obtener buenas ganancias (Acosta Triviño &amp; Acosta Triviño, 2015).</p>
<p>“Sistema de cultivo para la gestión de hongos comestibles como complemento alimenticio dirigido a los habitantes de la comuna 1 de Cali para mejorar la seguridad alimenticia causada por la inaccesibilidad.”</p>	<p>El proyecto tiene como propósito la formulación de una propuesta para la ejecución del cultivo Orellanas. En este se comparan los diferentes sistemas de cultivo para determinar el tipo de sistema que tiene mejores características para el desarrollo del proyecto.</p>	<p>Holandés, francés, americano, en troncos.</p>	<p>Mediante la comparación el nivel de inversión, conocimiento adicional requerido, tiempos de cosecha, facilidad de cultivo, control de variables, y la accesibilidad a elementos, se escogió el sistema de cultivo francés o en bolsa para la ejecución del proyecto.</p>	<p>El sistema de cultivo francés muestra flexibilidad en todos los factores analizados para su puesta en marcha, tiene tiempos de cosecha de acuerdo con la especie, el volumen de la cosecha puede ser adecuado, la facilidad de manejo del cultivo es alta, el control de variables es fácil y se cuenta con una accesibilidad alta a los materiales y equipos necesarios (Sierra Salas &amp; Orozco Idrobo, 2014).</p>

Nombre del proyecto	Descripción	Sistema de cultivo	Análisis de resultados conforme al enfoque de los sistemas de cultivo	Conclusiones conforme al enfoque de los sistemas de cultivo
"La producción de los hongos comestibles"	En este estudio se realiza una descripción de los hongos comestibles y profundiza en las especies <i>A. bisporus</i> y <i>P. ostreatus</i> , define sus requerimientos nutricionales, etapas de crecimiento y sistemas de cultivo.	Holandés, francés, americano.	<p>Se especifican las características para el cultivo de <i>A. bisporus</i>, se define para el sistema americano un promedio de pes por cama de 250 a 280 kilogramos por lo que necesitaría de maquinaria para su manejo. En cuanto al sistema de holandés, se encuentran rendimientos entre 15 a 20 kg/m<sup>2</sup>, se especifica la necesidad de utilizar sistemas de monitoreo computarizados. Para el sistema francés se resalta su practicidad y ajuste a distintos niveles de inversión.</p> <p>Para la especie <i>P. ostreatus</i> se resalta la flexibilidad para realizarse en sistemas de cultivo industrializados o artesanales; se describe el sistema de cultivo francés como una opción muy rentable acorde con otros proyectos.</p>	La especie <i>P. ostreatus</i> tiene alto grado de adaptabilidad, por lo tanto, el sistema de cultivo a implementar con esta especie puede variar con el grado de inversión que los dueños de las granjas quieran hacer, sien embargo, para la especie <i>A. bisporus</i> se detalla la metodología mucho más logrando identificar posibles desventajas en los sistemas de cultivo holandés y americano (Ardón López, 2007).
"Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> "	<p>Este estudio realiza análisis técnico, de mercados y financiero sobre la propuesta del desarrollo de un cultivo del hongo <i>P. ostreatus</i> en Cundinamarca.</p> <p>Se analiza el sistema de cultivo francés a escala artesanal y a una escala un poco más industrializado.</p>	Francés.	En el análisis del sistema de cultivo francés se propuso una escala artesanal la cual consistía tomar trozos del hongo <i>P. ostreatus</i> , picarlo y utilizarlo como "semilla", para posteriormente añadirle el sustrato; en esta escala se encontraron ventajas como la facilidad de implementación y desventajas como una eficiencia biológica muy baja (40 %). La escala industrial requiere maquinaria que eleva el costo de inversión en el proyecto, entre la maquinaria precio alto encontramos el autoclave (el cual es cotizado con un valor de \$2.600.00), nevera (499.900) y balanza electrónica (650.000). El costo tota de la maquinaria y equipos es de \$9.010.742.	El estudio muestra un rango aceptable para la puesta en marcha del proyecto utilizando el sistema de cultivo francés a una escala industrializada, se resalta la eficiencia de este en cultivo de diversas especies (Guarin Barrero & Ramirez Alvarez , 2004).

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis de la información de estos proyectos se realizó una evaluación en la cual se tuvieron en cuenta criterios de resultados positivos y criterios de factibilidad de implementación de cada uno de los sistemas de cultivo, esto con el fin de identificar el sistema de cultivo adecuado para la ejecución de este proyecto.

El criterio “factibilidad de implementación” fue evaluado conforme con el ítem de costos, en el cual se proponen la valoración alta con una inversión estimada entre \$10'000.000 y \$14'000.000, valoración media con una inversión entre \$15'000.000 y 19'000.000, y la valoración baja con una inversión mayor a \$20'000.000, esto teniendo en cuenta los materiales y equipos utilizados en los estudios, y en algunos casos las cuentas de egresos especificadas en estos. El segundo criterio es el del espacio requerido para la construcción del sistema, con este criterio se propone la valoración alta, media y baja dependiendo de si se debe ejecutar dicho sistema de cultivo a una escala mayor al espacio disponible, o esta puede ser ajustada dependiendo de la disponibilidad de espacio en cada una de las fincas. Este criterio se encuentra representado en la tabla 41.

**Tabla 41.**

*Ítems de evaluación del criterio: Factibilidad de implementación.*

<b>Factibilidad de implementación</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Valoración alta</b>	<b>Valoración media</b>	<b>Valoración baja</b>
Costos	Requiere de una inversión baja, el precio de la maquinaria e insumos es completamente asequible y no requiere mano de obra adicional.  Inversión estimada (10'000.000 -14'000.000)	Su implementación requiere de una inversión media, ya que los costos de la maquinaria e insumos no es elevado y puede demandar mano de obra no disponible.  Inversión estimada entre (15'000.000 – 19'000.000)	Presenta costos elevados puesto a que se requiere insumos o maquinaria especializada y demanda mano de obra no disponible.  Inversión estimada entre (> \$20'000.000)
Espacio requerido para la construcción del sistema	El sistema puede ser implementado en diferentes escalas dependiendo del espacio con el que se cuenten.	La implementación del sistema puede ser realizada en una escala media.	El sistema requiere de un espacio muy amplio y debe ser implementado a gran escala.

**Fuente:** Elaboración propia.

El criterio “resultados obtenidos en otros proyectos” representado en la tabla 42, fue evaluado conforme los parámetros presentados en algunos proyectos estudiados, en estos se analizaban los resultados teniendo en cuenta la eficiencia biológica del cultivo, su rendimiento y la tasa de producción, por lo tanto, estos fueron los ítems escogidos para esta evaluación. Para cada ítem se presentó una valoración alta para aquellos sistemas con los que se obtuvo un buen resultado, una valoración media para los que se encontraron resultados regulares o los sistemas con los que no se cuenta con suficiente información, y una valoración baja para los sistemas de cultivo en los que se encontraron resultados negativos.

**Tabla 42.**

*Ítems de evaluación del criterio: Resultados obtenidos en otros proyectos.*

<b>Resultados obtenidos en otros proyectos</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Valoración alta</b>	<b>Valoración media</b>	<b>Valoración baja</b>
Resultados obtenidos con respecto a la eficiencia biológica	Se encontraron resultados favorecedores con respecto a la eficiencia biológica del cultivo en este sistema.	Se encuentran muy pocos resultados de la eficiencia biológica en estudios con la implementación de este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son regulares.	No se encuentran resultados de la eficiencia biológica en este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son negativos.
Resultados obtenidos con respecto al rendimiento	Se encontraron resultados favorecedores con respecto al rendimiento del cultivo en este sistema.	Se encuentran muy pocos resultados del rendimiento en estudios con la implementación de este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son regulares.	No se encuentran resultados del rendimiento en este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son negativos.
Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Se encontraron resultados favorecedores con respecto a la tasa de producción del cultivo en este sistema.	Se encuentran muy pocos resultados de la tasa de producción en estudios con la implementación de este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son regulares.	No se encuentran resultados de la tasa de producción en este sistema de cultivo, o los resultados encontrados son negativos.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación realizada para el sistema de cultivo americano teniendo en cuenta el apartado 1.4 de identificación de los sistemas de cultivo, específicamente en el número 1.4.1, allí se definieron las generalidades de este tipo de sistema de cultivo y estas fueron comparadas con la característica definidas en los proyectos analizados.

**Tabla 43.**

*Evaluación del sistema de cultivo americano.*

<b>Sistema de cultivo americano</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Ítem</b>	<b>Valoración</b>	<b>Justificación</b>
Factibilidad de implementación	Costos	Media	En este sistema se emplean unas bases de vadera en las que es dispuesto el sustrato, esto genera que sean elementos muy pesados de transportar por lo que se podría requerir montacargas en el montaje y en casi todas las etapas del proceso de cultivo.
	Espacio requerido para la construcción del sistema	Alta	Puede ser aplicado a gran, media y baja escala.
Resultados obtenidos en otros proyectos	Resultados obtenidos con respecto a la eficiencia biológica	Alta	Los estudios encontrados muestran muy buenos resultados de la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción en el cultivo de hongos comestibles. Este sistema puede ser aplicado en cualquier especie.
	Resultados obtenidos con	Alta	

	respecto al rendimiento		
	Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Alta	
	Resultados obtenidos con respecto al rendimiento	Media	
	Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Media	

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación realizada para el sistema de cultivo holandés teniendo en cuenta el apartado 1.4 de identificación de los sistemas de cultivo, específicamente en el número 1.4.2, allí se definieron las generalidades de este tipo de sistema de cultivo y estas fueron comparadas con la característica definidas en los proyectos analizados.

**Tabla 44.**

*Evaluación del sistema de cultivo holandés.*

<b>Sistema de cultivo holandés</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Ítem</b>	<b>Valoración</b>	<b>Justificación</b>
Factibilidad de implementación	Costos	Baja	Requiere del uso de tecnología especializada y la sistematización computarizada.
	Espacio requerido para la construcción del sistema	Alta	Puede ser aplicar a gran, media y baja escala.
Resultados obtenidos en otros proyectos	Resultados obtenidos con respecto a la eficiencia biológica	Media	Se encuentran muy pocos estudios que ponen en práctica tipo de sistema de cultivo a causa de que tiene un costo más elevado y es utilizado por empresas que producen a gran escala.
	Resultados obtenidos con respecto al rendimiento	Media	
	Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Media	

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación realizada para el sistema de cultivo francés teniendo en cuenta el apartado 1.4 de identificación de los sistemas de cultivo, específicamente en el número 1.4.3, allí se definieron las generalidades de este tipo de sistema de cultivo y estas fueron comparadas con la característica definidas en los proyectos analizados.

**Tabla 45.***Evaluación del sistema de cultivo francés.*

<b>Sistema de cultivo francés</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Ítem</b>	<b>Valoración</b>	<b>Justificación</b>
Factibilidad de implementación	Costos	Alta	Los costos de implementación son bajos.
	Espacio requerido para la construcción del sistema	Alta	Puede ser aplicar a gran, media y baja escala.
Resultados obtenidos en otros proyectos	Resultados obtenidos con respecto a la eficiencia biológica	Alta	Los resultados obtenidos en los estudios que utilizaron este sistema de cultivo son muy favorables; es utilizado con gran variedad de especies de hongos comestibles, incluidos los seleccionados para este proyecto. Los datos de eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción indican que no hay algún factor de este sistema de cultivo que genere malos resultados.
	Resultados obtenidos con respecto al rendimiento	Alta	
	Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Alta	

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación realizada para el sistema de cultivo en troncos teniendo en cuenta el apartado 1.4 de identificación de los sistemas de cultivo, específicamente en el número 1.4.4, allí se definieron las generalidades de este tipo de sistema de cultivo y estas fueron comparadas con la característica definidas en los proyectos analizados.

**Tabla 46.***Evaluación del sistema de cultivo en troncos.*

<b>Sistema de cultivo en troncos</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Ítem</b>	<b>Valoración</b>	<b>Justificación</b>
Factibilidad de implementación	Costos	Alta	Los costos de implementación son bajos.
	Espacio requerido para la construcción del sistema	Alta	Puede ser aplicar a gran, media y baja escala.
Resultados obtenidos en otros proyectos	Resultados obtenidos con respecto a la eficiencia biológica	Media	Algunos resultados de eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción muestran desventaja en la aplicación de este sistema de cultivo. Mientras que en este sistema se producen hongos entre 6 meses y un año, con otros esto se logra en pocas semanas, permitiendo duplicar o triplicar los cuerpos fructíferos obtenidos.
	Resultados obtenidos con respecto al rendimiento	Media	
	Resultados obtenidos con respecto a la tasa de producción	Media	

**Fuente:** Elaboración propia.

Con base en la evaluación de los sistemas de cultivo de hongos se definió el sistema de cultivo francés como aquel que se va a implementar en el proyecto debido a que ha presentado buenos resultados en los estudios que se han realizado, los costos de implementación son bajos, se puede adecuar al espacio disponible en cada una de las fincas y se puede implementar con cualquiera de las especies que fueron seleccionadas.

Se propone el siguiente ejemplo de cultivo elaborado para la especie *Lentinula edodes* aplicando el sistema de cultivo francés, como base para la puesta en marcha de los cultivos de hongos comestibles en las granjas seleccionadas.

Para el funcionamiento del proyecto se establecen las siguientes áreas y sus características (Gaitan, et al., 2006 ):

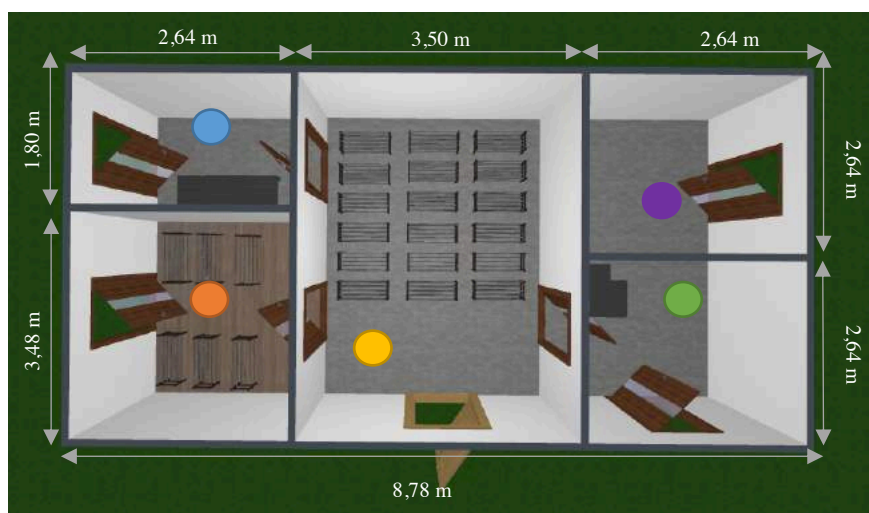
- Primera (proceso de siembra del inóculo): en esta es necesario asegurar condiciones de asepsia, por lo tanto, se deben evitar los flujos de aire.
- Segunda (incubación del inóculo): esta área se debe mantener oscura y con temperatura constante, se recomienda instalar un sistema con aire acondicionado y paredes aislantes. Entre los materiales necesarios encontramos los estantes metálicos.
- Tercera (almacenamiento de las materias primas y tratamiento del sustrato): se recomienda que sea almacenado en un lugar seco. En esta área se seleccionan los residuos, se trituran, humedecen y son agregados los aditivos. Es necesario el uso de un triturador de residuos.
- Cuarta (pasteurización del sustrato): la etapa de pasteurización puede ser realizada mediante una inmersión en agua, por medio de vapor (con el autoclave, con un túnel de pasteurización, o con un pasteurizador casero), o en frío (usando cal, peróxido de hidrógeno o fungicidas); de acuerdo al método utilizado se van a escoger los materiales.
- Quinta (siembra): en esta área se debe contar con repisas y los implementos de siembra.
- Sexta (invernadero): el grande de esta área puede variar con base en la capacidad de cada una de las fincas. Los pisos deben ser de cemento y el techo de material plástico, en necesario instalar sistemas de ventilación, luz, humedad y temperatura.
- Séptima (empaquetado y almacenamiento de la cosecha): aquí se debe contar con refrigeradores para almacenar el producto.

En la siguiente ilustración se planteó un prototipo de planos para el cultivo, se definieron las áreas de la siguiente manera:



**Figura 13.**

*Planos (prototipo) para el cultivo de hongos comestibles.*



**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.6. Establecer las condiciones ambientales requeridas para el crecimiento del hongo en el cultivo**

Para esta actividad se diseñó una ficha informativa en la cual se presentan los requerimientos ambientales y nutricionales de las especies tratadas en el proyecto, esto con el objetivo de brindar ser entregadas a los dueños de las fincas y estas sirvan de guía en el proceso de cultivo (Ver anexo 1).

### 3. Establecer indicadores de seguimiento y control en todas las etapas de formulación del proyecto

#### 3.1. Definir parámetros de evaluación de crecimiento del cultivo

La evaluación del crecimiento nos permite identificar si el hongo cultivado se está adaptando al sustrato, es decir, se le están proporcionando los requerimientos nutricionales, y a su vez el control de los factores ambientales es el correcto. Este análisis se debe realizar teniendo en cuenta los parámetros de eficiencia biológica (EB), el rendimiento (R) y la tasa de producción (TP).

La metodología de medición de estos parámetros es descrita con el objetivo de que se realicen correcciones en el proceso productivo de los hongos comestibles y los dueños de las fincas no se vean afectados económicamente por un proyecto deficiente.

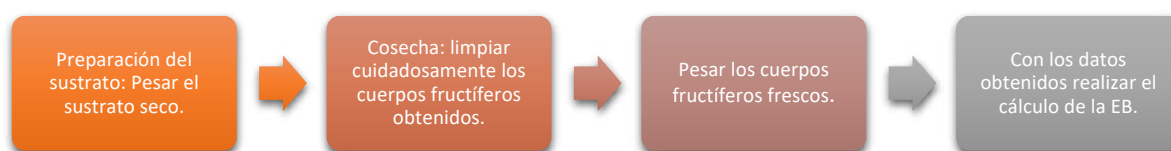
Los parámetros de evaluación del crecimiento son:

##### 3.1.1. Eficiencia biológica (EB)

La metodología para la determinación de la eficiencia biológica está representada en la figura 3.

#### Figura 14.

*Metodología para determinar la eficiencia biológica (EB) del cultivo.*



**Fuente:** Elaborado con base a (Hoyos, et al., 2010).

El indicador biológico está representado por la eficiencia biológica, la cual compara los ingresos y egresos de energía en el sistema. Se encuentra definida así:

#### Ecuación 6.

*Eficiencia biológica (Díaz, et al., 2010).*

$$Eficiencia\ Biológica\ (EB) = \frac{masa\ de\ setas\ secas}{masa\ de\ sustrato\ seco} * 100$$

##### 3.1.2. Rendimiento (R)

La metodología para la determinación del rendimiento está representada en la figura 4.

**Figura 15.**

*Metodología para determinar el rendimiento (R) del cultivo.*



**Fuente:** Elaborado con base a (Hoyos, et al., 2010).

El indicador de rendimiento evalúa la biomasa producida con relación al sustrato. Se encuentra definido así:

### **Ecuación 7.**

*Rendimiento (Díaz, et al., 2010).*

$$\text{Rendimiento (R)} = \frac{\text{Masa de setas frescas}}{\text{Masa de sustrato húmedo}} * 100$$

### **3.1.3. Tasa de Producción (TP)**

La metodología para la determinación de la tasa de producción está representada en la figura 5.

**Figura 16.**

*Metodología para la determinar de la tasa de producción (TP) del cultivo.*



**Fuente:** Elaborado con base a (Hoyos, et al., 2010).

El indicador de producción se encuentra representado por la tasa de producción, esta evalúa la cantidad de setas producidas en una unidad de tiempo. Se encuentra definida así:

### Ecuación 8.

Tasa de producción (Silva R. , Fritz, Cubillos, & Díaz, 2010).

$$\text{Tasa de producción (TP)} = \frac{EB}{\text{tiempo de producción}} * 100$$

### 3.2. Definir parámetros de evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se necesita realizar un análisis financiero en el cual se tengan en cuenta el costo de cada una de las etapas del proyecto (pre-inversión, inversión y funcionamiento) y el presupuesto de ingresos (Sapag & Sapag, 1989), por ejemplo:

**Tabla 47.**

*Plantilla de egresos del proyecto.*

Etapa de pre-inversión							
No.	Definición	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	% incidencia	Valor de la actividad
<b>1</b>	<b>Estudios</b>						
1.1.	Estudio de mercados	Global (GB)	1	-	.	.	-
1.2.	Estudio técnico	-	-	-	-	-	-
1.3.	Estudio legal	-	-	-	-	-	-
1.4.	Estudio financiero	-	-	-	-	-	-
<b>Sub total</b>							
<b>Costo total de la etapa de la etapa</b>							-

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como ejemplo la actividad de la pre-inversión “Estudios”, se establecería el tipo de medida con la cual se va a evaluar cada subactividad, en el caso de la actividad de estudios una posible subactividad sería el estudio de mercados se puede evaluar globalmente. Se realizaría un solo estudio, por lo tanto, en el ítem de cantidad se pondría (1); el valor unitario sería multiplicado por la cantidad y así se obtendría el valor parcial; en cuanto al porcentaje de incidencia, lo podemos hallar con la siguiente fórmula:

### Ecuación 9.

*Porcentaje de incidencia (Cordoba, 2011).*

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Valor parcial} * 100}{\text{Costo total de la etapa}}$$

Para la propuesta de la plantilla de trabajo de estos parámetros se tuvo en cuenta el estudio “Plan de negocios para la creación de una empresa de comercialización de hongos *Pleurotus ostreatus*”, debido a que en este se presentaban análisis del mercado y análisis técnico

de gran importancia, y de los cuales se adaptaron aspectos de operación (maquinaria e insumos), capacidad de producción, costos de funcionamiento y precios de venta (Mora Amado & Higuera Castro, 2017).

Tal como se presenta en la tabla 48, para el presupuesto de egreso en la etapa de pre-inversión se definieron las actividades de estudio de mercados, estudio técnico y evaluaciones. El costo total es de \$12'023.491.

**Tabla 48.**

*Presupuesto de egreso de la etapa de pre-inversión.*

Presupuesto egreso: etapa de pre-inversión							
No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	% incidencia	Valor de la actividad
<b>1</b>	<b>Estudio de mercados</b>						
1.1	Diseño de la encuesta de mercado	GB	1	\$250,000	\$250,000	2.08	
1.2	Aplicación de la encuesta y tabulación	GB	1	\$ 20,000	\$120,000	1.00	
1.3	Estudio de puntos de venta	GB	1	\$350,000	\$350,000	2.91	
1.4	Análisis económico	GB	1	\$250,000	\$250,000	2.08	
Sub total							\$ 970,000
<b>2</b>	<b>Estudio técnico</b>						
2.1	Análisis del tamaño	GB	1	\$350,000	\$350,000	2.91	
2.2	Diseño de la planta	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56	
2.3	Diseño red eléctrica	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56	
2.4	Diseño redes de agua	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56	
2.5	Diseño sistema de automatización	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56	
Sub total							\$ 3,984,104
<b>3</b>	<b>Evaluaciones</b>						
3.1	Financiera	GB	1	\$ 08,526	\$908,526	7.56	
3.2	Económica	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56	

3.3	Social	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56		
3.4	Ambiental	GB	1	\$908,526	\$908,526	7.56		
Sub total							\$	3,634,104
<b>Suma</b>							\$	<b>8,588,208</b>
<b>2.0 % reajuste de precios</b>							\$	<b>1,717,642</b>
<b>2.0% obras no previstas</b>							\$	1,717,642
<b>Costo total de la etapa de pre-inversión</b>							\$	<b>12,023,491</b>

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se presenta en la tabla 49, la cual contiene el presupuesto de egreso en la etapa de inversión, los costos presentados cada subactividad de esta etapa se realizaron basándose en el precio encontrado de algunos insumos y maquinarias en sitios web de compañías como "Homecenter" y algunas cotizaciones de servicios fueron consultadas con personal requerido para determinada obra, los factores elegidos para estos valores fueron: costo de materiales y área del proyecto. En el caso de la subactividad de aplicación de base de concreto, se formuló el uso de 5 bultos de cemento por m<sup>3</sup>; en el caso de la subactividad de techado se realizó la cotización para tejas de cartabón con medidas de 37x16 cm, es decir, se hace uso de 30 u/ m<sup>2</sup>. Adicionalmente a estas especificaciones encontramos maquinaria que debe ser adquirida para la etapa de funcionamiento. El costo total de esta etapa es de \$53'129.398.

**Tabla 49.**

*Presupuesto de egreso de la etapa de inversión.*

Presupuesto egreso: etapa de inversión							
No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	% incidencia	Valor de la actividad
<b>1</b>	<b>Adecuación del terreno</b>						
1.1	Delimitación del área	m <sup>2</sup>	1	\$ 250,000	\$ 250,000	0.47	
1.2	Excavación, relleno, compactación y determinación de fronteras	m <sup>2</sup>	1	\$1,500,000	\$1,500,000	2.82	
Sub total							\$ 1,750,000
<b>2</b>	<b>Cimentaciones</b>						
2.1	Construcción de zapata	m <sup>3</sup>	1	\$1,290,000	\$1,290,000	2.43	

2.2	Aplicación de base de concreto	m <sup>3</sup>	1	\$1,838,000	\$1,838,000	3.46	
2.3	Instalación de tuberías	m <sup>3</sup>	1	\$ 582,000	\$ 582,000	1.10	
2.4	Instalación de pilares	m <sup>3</sup>	1	\$ 850,000	\$ 850,000	1.60	
Sub total							\$ 4,560,000
<b>3</b>	<b>Cerramientos exteriores</b>						
3.1	Techado	m <sup>2</sup>	1	\$1,794,070	\$1,794,070	3.38	
3.2	Ventanas exteriores	UN	1	\$ 129,900	\$ 129,900	0.24	
3.3	Puertas	UN	5	\$ 129,900	\$ 649,500	1.22	
Sub total							\$ 2,573,470
<b>4</b>	<b>Cerramientos interiores</b>						
4.1	Ventanas interiores	UN	3	\$ 129,900	\$ 389,700	0.73	
4.2	Puertas	UN	3	\$ 129,900	\$ 389,700	0.73	
4.3	Instalación red eléctrica	GB	1	\$ ,459,900	\$1,459,900	2.75	
4.4	instalación sistema automatización	GB	1	\$ 560,000	\$ 560,000	1.05	
4.6	Estantes metálicos 153x183 cm	UN	30	\$ 593,900	\$17,817,000	33.54	
Sub total							\$20,616,300
<b>5</b>	<b>Adquisición de materiales</b>						
5.1	Autoclave 18L	UN	1	\$1,999,900	\$ 1,999,900	3.76	
5.2	Agujas de disección	UN	1	\$ 10,000	\$ 10,000	0.02	
5.3	Bisturí	UN	1	\$ 19,900	\$ 19,900	0.04	
5.4	Triturador de residuos	UN	1	\$1,020,000	\$ 1,020,000	1.92	
5.4	Nevera	UN	1	\$5,400,000	\$ 5,400,000	10.16	
Sub total							\$ 8,449,800
<b>Suma</b>							<b>\$37,949,570</b>
<b>2.0% reajuste de precios</b>							<b>\$ 7,589,914</b>
<b>2.0% obras no previstas</b>							<b>\$ 7,589,914</b>
<b>Costo total etapa de inversión</b>							<b>\$ 53,129,398</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la etapa de funcionamiento se realizó la tabla 50, en la que se especifican los gastos o egresos que se presentan anualmente, algunas de las especificaciones que se definieron para

esta es que se propone la contratación de personal empacador y transportista por dos idas semanales, esto debido a que son trabajos que no deben ser llevados a cabo diariamente. El costo total de esta etapa es de \$25'731.121.

**Tabla 50.**

*Presupuesto de egreso de la etapa de funcionamiento.*

<b>Presupuesto egreso: etapa de funcionamiento anual</b>							
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>	<b>% incidencia</b>	<b>Valor de la actividad</b>
<b>1</b>	<b>Producción</b>						
1.1	Semilla	UN	1	\$590,000	\$ 590,000	2.29	
1.2	Bolsas de propileno (40x60 cm ó 50x75 cm)	100 UN	1	\$ 48,500	\$ 48,500	0.26	
1.3	Alcohol (70%)	GAL	12	\$ 49,900	\$ 598,800	3.26	
1.5	Cinta transparente	UN	12	\$ 11,200	\$ 134,400	0.73	
1.6	Guantes	100 UN	12	\$ 56,306	\$ 675,672	3.68	
Sub total							\$ 2,047,372
<b>2</b>	<b>Mantenimiento triturador de residuos</b>						
2.1	Mantenimiento triturador de residuos	Anual	1	\$ 150,000	\$ 150,000	0.58	
2.2	Arreglos invernadero	Anual	1	\$ 150,000	\$ 150,000	0.58	
2.3	Estantes	Anual	1	\$ 150,000	\$ 150,000	0.58	
2.4	Sistema de riego	Anual	1	\$ 150,000	\$ 150,000	0.58	
Sub total							\$ 600,000
<b>3</b>	<b>Servicios públicos</b>						
3.1	Servicio de luz	MENSUAL	12	\$ 120,000	\$1,440,000	5.60	
3.2	Servicio de agua	MENSUAL	12	\$ 60,000	\$ 720,000	2.80	
3.3	Servicio de gas	MENSUAL	12	\$ 20,000	\$ 240,000	0.93	
3.4	Servicio de internet	MENSUAL	12	\$ 70,000	\$ 840,000	3.26	
Sub total							\$ 3,240,000
<b>4</b>	<b>Empaquetado y transporte de la cosecha</b>						
4.1	Empaque del producto	100 UN	4	\$ 3,000	\$ 12,000	0.05	
4.2	Transportador	MENSUAL	12	\$ 320,000	\$ 3,840,000	14.92	

Sub total							\$ 3,852,000
<b>4</b>	<b>Personal</b>						
4.1	Empacadora	MENSUAL	12	\$ 360,000	\$4,320,000	16.79	
4.2	Gasolina	MENSUAL	12	\$ 360,000	\$4,320,000	16.79	
Sub total							\$ 8,640,000
<b>Suma</b>							<b>\$18,379,372</b>
<b>2.0% reajuste de precios</b>							<b>\$ 3,675,874</b>
<b>2.0% obras no previstas</b>							<b>\$ 3,675,874</b>
<b>Costo total etapa de funcionamiento</b>							<b>\$ 25,731,121</b>

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se elaboró la tabla 51. en la que se encuentra el presupuesto de ingresos mensuales, cabe recalcar que el valor propuesto para cada presentación es de acuerdo al valor propuesto en el estudio ya citado, en el cual gracias al estudio de mercados realizado se pudo definir precios competitivos con el mercado actual de Orellanas (*Pleurotus ostreatus*), sin embargo, en este estudio no se encontró especificado el rendimiento esperado del cultivo, por lo tanto, se adaptó el rendimiento definido en el “manual práctico del cultivo de setas: aislamiento siembra y producción” a la capacidad de producción de nuestro proyecto. En este manual se define un promedio de producción de Orellanas 1.6 kg por bolsa en cada tres cortes, por ello, para este ejemplo se formuló la siembra de 96 bolsas de 5 kg cada una durante los primeros 5 días del mes, obteniendo 480 bolsas durante este período, lo cual cumple con la capacidad establecida para los 30 estantes dispuestos. De acuerdo con el rendimiento por bolsa, se obtendrían 768 kg por cada tres cortes, es decir, alrededor de 256 kg mensuales.

De igual forma, para el presupuesto de ingresos se especificaron tres posibles canales de ventas, los cuales son: las plazas de mercado, personas particulares y restaurantes.

**Tabla 51.**

*Presupuesto de ingresos en la etapa de funcionamiento.*

Presupuesto de ingresos mensuales						
No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	% incidencia
<b>1</b>	<b>Presentación de 250 g</b>					
1.1	En plazas	UN	137	\$ 4,000	\$ 548,000	
1.3	Personas particulares	UN	120	\$ 4,500	\$ 540,000	
1.2	En restaurantes	UN	30	\$ 3,500	\$ 105,000	
Sub total						\$ 1,193,000
<b>2</b>	<b>Presentación de 500 g</b>					
2.1	En plazas	UN	65	\$ 7,500	\$ 487,500	

2.2	Personas particulares	UN	50	\$ 8,500	\$ 425,000	
2.3	En restaurantes	UN	250	\$ 9,500	\$ 2,375,000	
Sub total						\$ 3,287,500
<b>Ingresos mensuales totales</b>						<b>\$ 4,480,500</b>
<b>Ingresos anuales totales</b>						<b>\$ 53,766,000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Al final de esta plantilla se obtuvieron los valores necesarios para definir los ingresos y egresos esperados por el proyecto en su vida útil, y así examinar la rentabilidad que tiene el proyecto.

Para determinar la rentabilidad de este ejemplo de proyecto propuesto se realizó una plantilla que contiene los parámetros de evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto, estos parámetros son:

### 3.2.1. Valor presente neto (VPN)

Este parámetro surge del estudio de los flujos de los ingresos y los egresos, si encontramos que el proyecto tiene un VPN > 0 el proyecto puede ser determinado como rentable, si por el contrario el VPN < 0 el proyecto no sería rentable. Entre mayor sea el VPN sería mayor la rentabilidad del proyecto (Cordoba, 2011).

La fórmula para determinar el VPN es:

#### Ecuación 10.

*Valor presente neto (Cordoba, 2011).*

$$VPN(i) = \frac{\sum I(i)}{(1+i)^j}$$

Siendo

VPN: Valor presente neto.

I: Suma en el período.

i: Tasa de interés de descuento.

J: Período.

### 3.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Este parámetro determina la tasa de interés que un proyecto debe tener para que el VPN sea igual a cero, si obtenemos una TIR > 1 el proyecto es considerado rentable (Cordoba, 2011).

La fórmula para determinar la tasa interna de retorno es:

**Ecuación 11.**

*Tasa interna de retorno (Cordoba, 2011).*

$$\begin{aligned} VPN(i) &= VPN(i)I - VPN(i)E \\ VPN(i) &= 0 \end{aligned}$$

Entendiendo que:

Si la TIR > tasa de oportunidad, se debe aceptar.

TIR = tasa de oportunidad, es indiferente.

TIR < tasa de oportunidad, se debe rechazar.

**3.2.3. Relación beneficio costo (RBC) o rentabilidad económica**

Este parámetro relaciona los ingresos y los egresos netos del proyecto, se evalúa con el fin de conocer el grado de desarrollo de este (Cordoba, 2011).

La fórmula para determinar la RBC es:

**Ecuación 12.**

*Relación beneficio costo (Cordoba, 2011).*

$$RBC = \frac{VPI}{VPC}$$

Siendo

RBC: Relación beneficio-costo.

VPI: Valor presente de los ingresos brutos.

VPC: Valor presente de los costos brutos.

Entendiendo que:

Si la RBC > 1, el proyecto es rentable.

RBC=1, es indiferente.

RBC < 1, el proyecto no es rentable.

Siguiendo con la propuesta del proyecto se realizó la rentabilidad económica con los parámetros de evaluación definidos.

En la tabla 52. encontramos un resumen del presupuesto de ingresos y de egresos con la respectiva duración de etapa.

**Tabla 52.**

*Presupuesto de egreso – ingresos.*

<b>Presupuesto egresos-ingresos</b>		
<b>Etapas</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Duración</b>
Preinversión	\$ 12,023,491	2 meses
Inversión 0	\$ 53,129,398	3 meses
Funcionamiento	\$ 25,731,121	12 meses
Ingreso mensual	\$ 22,402,500	5 meses
Ingreso anual	\$ 53,766,000	12 meses

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 53 se muestran las especificaciones utilizadas para el cálculo de la TIO; se eligió un interés de oportunidad del 3% suponiendo que el proyecto sea implementado mediante un préstamo realizado por cada propietario de las fincas. La inflación propuesta es de un 2% de acuerdo con datos del año 2020, que fue de 1.61%, a pesar de que esta se vio afectada por la pandemia, en el año 2021 se proyecta que la economía del país mejore.

**Tabla 53.**

*Cálculo de la TIO.*

<b>Cálculo de TIO</b>	
<b>Característica</b>	<b>%</b>
Intereses de oportunidad	3%
Inflación	2%
TIO	5%

**Fuente:** Elaboración propia.

Para realizar el flujo de caja se propuso un tiempo de vida útil de 30 años, para que esto sea posible se deben realizar los mantenimientos de la maquinaria tal y como se propuso para el presupuesto de egresos en la etapa de funcionamiento. En la tabla 54 se evidencian los resultados del flujo de caja.

**Tabla 54.**

*Flujo de caja de acuerdo con el tiempo de vida útil del proyecto.*

Característica	Vida útil del proyecto							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos	\$22,402,500.00	\$53,766,000.00	\$55,916,640	\$58,153,306	\$ 60,479,438	\$ 62,898,615	\$ 65,414,560	\$ 68,031,142
Egresos	\$89,199,872	\$25,731,121	\$ 6,760,366	\$27,830,780	\$ 28,944,011	\$ 30,101,772	\$ 31,305,843	\$ 32,558,077
Flujo de caja	-\$66,797,372	\$28,034,879	\$29,156,274	\$30,322,525	\$ 31,535,426	\$ 32,796,843	\$ 34,108,717	\$ 35,473,066

Característica	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos	\$ 70,752,388	\$ 73,582,484	\$ 76,525,783	\$ 79,586,814	\$ 82,770,287	\$ 86,081,098	\$ 89,524,342	\$ 93,105,316
Egresos	\$ 33,860,400	\$ 35,214,816	\$ 36,623,408	\$ 38,088,345	\$ 39,611,878	\$ 41,196,353	\$ 42,844,208	\$ 44,557,976
Flujo de caja	\$ 36,891,988	\$ 38,367,668	\$ 39,902,375	\$ 41,498,470	\$ 43,158,409	\$ 44,884,745	\$ 46,680,135	\$48,547,340

Característica	16	17	18	19	20	21	22	23
Ingresos	\$ 96,829,529	\$ 100,702,710	\$ 104,730,818	\$ 108,920,051	\$113,276,853	\$ 117,807,927	\$ 122,520,244	\$ 127,421,054
Egresos	\$ 46,340,295	\$ 48,193,907	\$ 50,121,663	\$ 52,126,529	\$ 54,211,591	\$ 56,380,054	\$ 58,635,256	\$ 60,980,667
Flujo de caja	\$ 50,489,234	\$ 52,508,803	\$ 54,609,155	\$ 56,793,521	\$ 59,065,262	\$ 61,427,873	\$ 63,884,988	\$ 66,440,387

Característica	24	25	26	27	28	29	30
Ingresos	\$ 132,517,896	\$ 137,818,612	\$ 143,331,356	\$ 149,064,610	\$ 155,027,195	\$ 161,228,283	\$ 167,677,414
Egresos	\$ 63,419,893	\$ 65,956,689	\$ 68,594,957	\$ 71,338,755	\$ 74,192,305	\$ 77,159,997	\$ 80,246,397
Flujo de caja	\$ 69,098,003	\$ 71,861,923	\$ 74,736,400	\$ 77,725,856	\$ 80,834,890	\$ 84,068,285	\$ 87,431,017

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el cálculo del valor presente neto y la determinación de la rentabilidad se realizó la tabla 55.

**Tabla 55.**

*Cálculo del VPN.*

Cálculo del VPN			
Característica	Valor (\$)	Condición	Decisión
VPN ingresos	\$1,665,857,781	-	-
VPN egresos	\$767,989,190	-	-
VPN	\$897,868,591	> 0	Rentable
		< 0	No rentable
TIR	46%	> inflación	Rentable
		< 0	No rentable
B/C	2.17	> 1	Rentable
		< 1	No rentable

**Fuente:** Elaboración propia.

Acorde con la evaluación de la rentabilidad económica, el proyecto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* es rentable, sin embargo, se debe volver a resaltar que este proyecto es realizado con base a un estudio, el cual se llevó a cabo la ciudad de Bogotá por lo que de ser implementado en nuestro departamento es necesario analizar el estado del mercado en este y así poder determinar parámetros determinantes de la rentabilidad del proyecto.

## Recomendaciones

- Este proyecto se realizó con base en los valores hallados en la literatura, por ello es necesario realizar un análisis de los residuos provenientes de cada una de las fincas seleccionadas, pues es probable que se deban reformular las combinaciones de sustrato para el cultivo.
- Antes de su puesta en marcha, se deben decidir aspectos básicos del proyecto como la especie que se va a cultivar, el tamaño del cultivo y canales de distribución. De estos aspectos dependen los factores de crecimiento del cultivo y su rentabilidad.

## Conclusiones

- Conforme al análisis de los requisitos para el cultivo de las diferentes especies de hongos comestibles, se eligieron *Pleurotus*, *Agaricus*, *Lentinula* y *Volvariella* como géneros, de estos géneros se tomaron las especies más representativas y se evaluaron de acuerdo con sus requerimientos nutricionales y el estado actual de su oferta y demanda en el mercado nacional y mundial. De esta evaluación se escogieron las especies de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Volvariella volvacea*, en tanto que son las más favorables para la ejecución del proyecto.
- La Finca orgánica San Sebastián, Hacienda La Pradera, y la Hacienda Buenavista son granjas cafeteras que generan residuos orgánicos. Acorde con el proceso productivo del café, se definieron combinaciones para el sustrato del cultivo de cada especie dependiendo de la relación C/N de los residuos. El sistema de cultivo francés fue elegido como el óptimo para la ejecución del proyecto, pues mostró buenos resultados en la evaluación hecha con los criterios que surgieron del análisis de los resultados de otros estudios anteriores.
- Los parámetros de evaluación de crecimiento y de rentabilidad fueron propuestos con el fin de que con estos datos se pueda definir si se están teniendo resultados exitosos, o en su defecto, si se deben hacer correctivos, ya sean en los requerimientos nutricionales brindados al hongo, los requerimientos ambientales o la misma salvedad económica del proyecto.
- El proyecto formulado con base a aspectos de mercado y técnicos del informe de “Plan de negocios para la creación de una empresa de comercialización de hongos *Pleurotus ostreatus*” es rentable. Sin embargo, resulta de alto costo porque está estructurado como un proyecto de mediana escala, aun así, este proyecto sirve de base para desarrollar el cultivo de hongos comestibles en las granjas.

## Referencias

- Acosta Triviño, L., & Acosta Triviño, J. A. (2015). *Estudio para la creación de una empresa productora y comercializadora de (Orellana, Portobello, champiñones) con mujeres cabeza de familia en el municipio de Fusagasugá*. Recuperado el 10 de 04 de 2021, de <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/6459/TE.GS%20ACOSTA%20LUISA?sequence=1&isAllowed=y>
- Agronegocios. (9 de Julio de 2015). *AGRONEGOCIOS*. (La República S.A.S) Recuperado el 15 de Octubre de 2020, de <https://www.agronegocios.co/analisis/lr-400001/champinon-un-producto-con-potencial-2621280#>
- Alemu, F. (2015). *Cultivation of Shiitake Mushroom (Lentinus edodes) on Coffe Husk at Dilla University, Ethiopia*. Dilla : Journal of Food and Nutrition Sciences .
- Alvarez Hincapie , A. B. (2016). *Caracterización fisicoquímica de varios residuos agroindustriales y sus mezclas para la producción de biocombustibles*. Bucaramanga : Repository USTA.
- Andrade Gallegos, R. H., Mata, G., & Sánchez , J. E. (2012). *La producción Iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional* . México D.F.
- Ardón López, C. E. (2007). *La producción de los hongos comestibles*. Ciudad de Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Armas Flores , E. A., Cornejo Mazariego, N. C., & Murcia Zamora, K. M. (2008). *Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva*. San Salvador. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_de\\_los\\_subproductos\\_d\\_el\\_beneficiado\\_del\\_caf%C3%A9\\_como\\_una.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1822/1/Propuesta_para_el_aprovechamiento_de_los_subproductos_d_el_beneficiado_del_caf%C3%A9_como_una.pdf)
- Barba Bellettini, M., Assumpcao Fiorda, F., Aparecida Maieves, H., Lopes Teixeira, G., Ávila , S., Silveira Hornung , P., . . . Hoffmann Ribani, R. (2016). *Factors affecting mushroom Pleurotus spp*. Saudi Journal of Biological Sciences.
- Belén , A., & Redondo, A. (2012). *Estudio de la implantación de una granja de producción de Shiitakes (Lentinula Edodes) en Costa Rica "Las Mellizas"*. San José.
- Benavides Calvache , O. L. (2013). *Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el cultivo de orellanas (Pleurotus ostreatus)*. San Juan de Pasto. Obtenido de <http://sired.udenar.edu.co/2527/1/89544.pdf>
- Biswas, S., Datta, M., & Ngachan, S. V. (2012). *Mushrooms: A manual for cultivation* . PHI Learning.
- Blasco Lamenca, M. (1970). *Microbiología de suelos*. Turrialba.
- Boa, E. (2004). *Wild Edible Fungi: A global overview of their use and importance to people*. FAO.
- Braham, J. E., & Bressani, R. (1978). *Pulpa de café: composición, tecnología y utilización*. Bogotá: International Development Research Centre.
- Calvo Torras, M. Á., & Rodríguez Domínguez , M. (2011). *Agaricus bisporus: cultivo, problemas y prevención*. Madrid: Real Academia de Doctores de España.

- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2007). *Biología*. Panamericana.
- Cano Estrada, A., & Romero Bautista, L. (2015). *Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres*. Hidalgo .
- Carbonell , A., & Villanova , M. (1974). *Beneficio rápido y eficiente del café mediante el uso de soda cáustica*. (D. d. Diversificación, Ed.) San José, Costa Rica .
- Cárdenas Díaz, J. P., & Pardo Pinzón, J. D. (2014). *Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera*. Bogotá: Infocafes.
- Castillo Rodríguez , F., Roldán Ruiz, M. D., Blasco Plá, R., Huertas Romera, M. J., Caballero Domínguez , F., Moreno Vivián, C., & Luque Romero, M. (2005 ). *Biotecnología ambiental*. Madrid: TÉBAR.
- Cepero de García, M. C., Restrepo Restrepo, S., Franco Molano , A. E., Cárdenas Toquica, M., & Vargas Estipañan, N. (2012 ). *Biología de hongos*. Bogotá: Uniandes.
- Chang, S. T., & Quimio, T. H. (1982). *Tropical Mushroom: Biological Nature and Cultivation Methods*. Hong Kong: The Chinese University.
- Chegwin A., C., & Nieto R., I. J. (2013). *Influencia del medio de cultivo en la producción de metabolitos secundarios del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado por fermentación en estado líquido empleando harinas de cereales como fuente de carbono*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Conesa, J. A., Sánchez , N. E., Garrido, M. A., & Casas, J. C. (2016). *Semivolatile and volatile compound evolution during pyrolysis and combustion of Colombian Coffee Husk*. *Energy and Fuels*. ACS Publications.
- CONPES. (2016). *Documento CONPES 3874: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá.
- Cordoba Padilla, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos*. Recuperado el 11 de 04 de 2021, de [https://www.academia.edu/38322134/Formulacion\\_y\\_evaluacion\\_de\\_proyectos\\_marcial\\_coacuterdoba\\_padilla](https://www.academia.edu/38322134/Formulacion_y_evaluacion_de_proyectos_marcial_coacuterdoba_padilla)
- Coronado Gutiérrez, R., & Valencia López, R. (2015). *Gestión y tratamiento de residuos agrícolas para la generación de materias primas en el municipio de Cota Cundinamarca*. Bogotá: Agi-nova.
- Cruz Estrada , C. (2014). *Celulosa* . Ciudad de México.
- Curtis, H., & Schnek, A. (2008). *Biología*. Médica Panamericana .
- Daehncke , R. (2020). *Ficha micológica Volvariella volvacea*. (Mycopalma ) Recuperado el 14 de 01 de 2021, de <http://www.fichasmicologicas.com/?micos=1&alf=V&art=1125>
- Des Abbayes, H., Chadefaud, M., Felmann, J., De Ferré, Y., Gaussen , H., Grassé , P., & Prévot, A. (1989). *Botánica: Vegetales inferiores*. Francia: Reverté S.A.
- Duarte Barillas, E. (1998). *Efecto de diferentes medios de crecimiento sobre el rendimiento en el cultivo de champiñones Agaricus bitorquis*. Zamorano : Zamorano: Departamento de Horticuultura.
- Edmundowicz, J. M., & Wriston Jr., J. C. (1963). *Mannitol Dehydrogenase from Agaricus campestris*. Delaware: The Journal of Biological Chemistry.

- Efrén Nieto, M., Cuarenta Obrajero, M. J., Tellez Luis, S. J., & Palos Pizarro, I. (2014). *Residuos agrícolas: Su impacto en el cambio climático y su aprovechamiento en la generación de productos de valor agregado*. Ciudad de México .
- Fernández Rodríguez , F., Ruilova Cueva, M. B., & Hernández Monzón, A. (s.f). *Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus*. La Habana.
- Freundt Espinosa, P. (2003). *Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional*. Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1314/ECO\\_013.pdf;jsessionid=8DA4A2AA42D78A2DE105C8F0163DF277?sequence=4](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1314/ECO_013.pdf;jsessionid=8DA4A2AA42D78A2DE105C8F0163DF277?sequence=4)
- Gaitán Hernández , R., & Salmones , D. (2015). *Use of lignocellulosic residues to optimize spawn production and carpophore formation of the edible mushroom Lentinula boryana*. Veracruz : Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Gaitan Hernandez, R., Salmones , D., Pérez Melo , R., & Mata , G. (2006 ). *Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción*. Xalapa: Instituto de ecología A.C.
- Gaitán Hernández, R., Salmones, D., Pérez Merlo, R., & Mata , G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Veracruz: Instituto de Ecología A.C. Obtenido de [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/Manual\\_PleurotusGaitan.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf)
- García Oduardo, N., Bermúdez Savónn , R. C., & Serrano Alberni , M. (2011). *Formulación de sustratos en la producción de setas comestibles Pleurotus*. Santiago de uba .
- García Ortiz, L. R. (2002). *Evaluación de tres materiales como sustrato y dos materiales como tierra de cobertura para el cultivo del champiñón (Agaricus bisporus) (Lange) Sing.*. San Antonio de Oriente : Zamorano.
- Garzón Gómez, J. P., & Cuervo Andrade, J. L. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia* . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- Gobernación de Santander. (2020). *Plan de Desarrollo Departamental "Santander siempre contigo y para el mundo" 2020-2023*. Recuperado el Mayo de 2021, de Gobernación de Santander: <http://www.santandercompetitivo.org/media/97d1c266e0eeac05947c5b31074464dbd03ef5678.pdf>
- González Milanés, H., Serrano Zamora, M., Campos Solano , G., & Guzmán Días , G. (2012). *Aspectos básicos en la producción de champiñones (Agaricus bisporus)*. San José de Costa Rica: Fittacori.
- González Navarro, N., López Parra, E., & Aceves López, J. (s.f). *Que integra el estudio financiero en un plan de negocios*. Obtenido de [https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no56/estudio\\_financiero.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no56/estudio_financiero.pdf)
- Guarin Barrero, J. A., & Ramirez Alvarez , A. A. (2004). *Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del hongo Pleurotus ostreatus*. Recuperado el 10 de 04 de 2021, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7146/tesis79.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto Velazco, C., & Guzmán Dávalos, L. (1993). *Cultivo de los hongos comestibles*. Xalapa: Institutio Politécnico Nacional .
- H. S, G., & K.L, K. (1979). *Paddy straw mushroom in North India*. Mushroom set.

- Hifas foresta*. (s.f.). (Guía definitiva para el cultivo de saprófitos sobre madera con Micelio en Pellets de Hifas Foresta) Recuperado el 2021 de 01 de 20, de <https://www.hifasforesta.com/blog/guia-definitiva-sobre-el-cultivo-de-saprophytes-sobre-madera-con-micelio-en-pellets-de-hifas-foresta/>
- Hong, J. S. (1978). *Studies on the physicochemical properties and the cultivation of the oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)*. Journal of the Korean Agricultural Chemical Society.
- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica Colombiana GTC 24-Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación de la fuente*. Bogotá.
- Indian National Scientific Documentation Centre. (1999). *Indian Science Abstracts: Volumen 35, temas 9-12*. Nueva Delhi: Indian National Scientific Documentation Centre.
- InfoAgro. (s.f.). *InfoAgro*. Recuperado el 24 de 11 de 2020, de <https://www.infoagro.com/forestales/champinyon.htm>
- Jiménez Santos, J. (2019). *Amanita caesarea*. Recuperado el 03 de Febrero de 2021, de <http://www.amanitacesarea.com/volvariella.html>
- Lagunes Fortiz, E., & Zavaleta Mejía, E. (2016). *Función de la lignina en la interacción planta-nematodos endoparásitos sedentarios*. Revista mexicana de fitopatología. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092016000100043](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092016000100043)
- Lomas Valencia, V. Y. (2015). *Evaluación de tres sustratos orgánicos para el cultivo de champoñones Agaricus bisporus (Lange) Imbach en Cuesaca- Bolívar provincia del Carchi*. Tulcán: UPEC.
- Manals Cutino, E. M., Salas Tort, D., & Penedo Medina, M. (2018). *Caracterización de la biomasa vegetal: cascarilla de café*. Santiago de Cuba : Scielo.
- Martin, A. M., & Tawiah, W. M. (1988). *Pleurotus ostreatus requirements for P, K, Mg, and Mn in submerged culture*. Canadian Journal of Microbiology.
- Mata, G., Salmones, D., & Pérez Merlo, R. (2016). *hydrolytic enzyme activities in shiitake mushroom (lentinula edodes) strains cultivated on coffee pulp*. Asociación Argentina de Microbiología: Veracruz .
- Michel, F. F. (2005). *Manual práctico para la producción comercial de champiñón*. Jalisco .
- Mier, T., Toriello, C., & Ulloa, M. (2002). *Hongos microscópicos saprobios y parásitos: métodos de laboratorio*. México D.F: Casa abierta al tiempo.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural . (2020). *Inteligencia de mercados: Setas y hongos*. Bogotá: Corporación Colombiana Internacional. Obtenido de [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/5180/1/200511314480\\_perfil\\_producto\\_setas.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/5180/1/200511314480_perfil_producto_setas.pdf)
- Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. (2001). *Manual: Producción casera de Hongos Comestibles Pleurotus sp.* Bogotá. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=TOG\\_DIgnwfMC&pg=PA4&dq=hongos+comestibles&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjh\\_LMgp\\_sAhXBtVkKHS2ODmkQ6wEwAnoECAUQAQ#v=onepage&q=hongos%20comestibles&f=false](https://books.google.com.co/books?id=TOG_DIgnwfMC&pg=PA4&dq=hongos+comestibles&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjh_LMgp_sAhXBtVkKHS2ODmkQ6wEwAnoECAUQAQ#v=onepage&q=hongos%20comestibles&f=false)

- Monterroso Flóres, O. G. (2009). *Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus (Cepa ECS-152)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Mora Amado, A. F., & Higuera Castro, G. (2017). Plan de negocios para la creación de una empresa de comercialización de hongos Pleurotus ostreatus. Bogotá: RIUD.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2006). *Microbiología médica: quinta edición*. El Sevier.
- MushWorld. (2004). *Mushroom Growers Handbook 1: Oyster Mushroom Cultivation*. Seoul: MushWorld.
- MUSHWORLD. (2005). *Mushroom Growers` Handbook 2: Shiitake cultivation* . Seoul.
- MushWorld. (2005). *Shiitake Cultivation*. Republic of Korea: MushWorld.
- Navarro, P., Moral, H., Gómez, L., & Mataix, B. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Murcia.
- Niveiro , N., Ramírez , N. A., Popoff, O. F., & Albertó, E. O. (2017). *Volvariella (Pluteaceae, Basidiomycota) en el Norte de la Argentina*. San Miguel de Tucumán: Rodriguésia .
- Olivares Hernández, A. M., Castro Bolaño, L. M., Herrera Villamizar, M. P., & Rangel Orozco , L. A. (2018 ). *Formulación de un sustrato a base de residuos industriales para el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus*. Barranquilla : MICROCIENCIA Investigación, Desarrollo e Inovación.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Palestina Villa, E. N. (2017). *Contribución al conocimiento de la diversidad morfológica y molecular del género Agaricus L. (Agaricaceae) en el estado de Veracruz, México* . Xalapa: ResearchGate.
- Pegler , D. N. (1983). *The genus Lentinula (Tricholomataceae tribe collybieae)*. Royal Botanic Gardens. Obtenido de [https://www.zobodat.at/pdf/Sydowia\\_36\\_0227-0239.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Sydowia_36_0227-0239.pdf)
- Piña Guzmán, A. B., Nieto Monteros, D. A., & Robles Martínez, F. (2015 ). *Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (Pleurotus spp.)*. Ciudad de México. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/RICA.2016.32.05.10/46678>
- Presidencia de la República de Colombia. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022; Pacto por Colombia, pacto por la equidad* . Bogotá.
- Rendon Saen , J. R. (2016). *Sistemas de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción*. (S. M. López, Ed.) Manizales, Caldas, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de café-Cenicafé.
- Rios, M., Hoyos, J. L., & Mosquera, S. A. (08 de 11 de 2010). *Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de Pleurotus ostreatus propagada en diferentes medios de cultivo*. Recuperado el 07 de 04 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a12.pdf>
- Rivera Morales, O. A. (2010). *Estudio del efecto de la adición del estípite de Shiitake (Lentinula edodes Berk. Pegler) y de un extracto rico en sus polisacáridos sobre las cualidades nutricionales del antipasto*. Bogotá.

- Rodríguez Valencia, N. (s.f). *Manejo de residuos en la agroindustria cafetera*. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/06/xxx.pdf>
- Rodríguez Valencia, N., Araque Fonseca, M. L., & Perdomo Perdomo, F. (2006). *Producción de los hongos comestibles Orellanas y Shiitake*. Bogotá: Sección de Divulgación y Transferencia, Cenicafé, FNC.
- Roman, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO.
- Romero Arenas, O., Martínez Guerrero, M., Damián Huato, M., Ramírez Valverde, B., & López Olguín, J. F. (2015). *Producción del hongo Shiitake (Lentinula edodes Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales*. Puebla: Ciencias Agrícolas.
- Romero Cumplido, A. J. (2006). *Cultivo de Pleurotus spp. sobre sustratos no convencionales*. México D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- Romo Ortega, N., Toro, A. F., Flores Pardo, L. M., & Cañas Velasco, A. (2011). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de los tallos de café y su análisis económico para la producción de pellets como biocombustible sólido*. Cali, Valle del Cauca, Colombia: Redalyc.
- Royse, D. J., & Sánchez Vázquez, J. E. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* San Cristóbal de Las Casas: El Colegio de la Frontera Sur.
- Ruelas Medina, J. J. (2009). *Aislamiento de cepas de Volvariella volvacea recolectada sobre bagazo de maguey tequilero*. Zapopan: Universidad de Guadalajara. Obtenido de [http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5093/Ruelas\\_Medina\\_Juan\\_Jesus.pdf?sequence=1](http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5093/Ruelas_Medina_Juan_Jesus.pdf?sequence=1)
- Ruilova Cueva, M. B., & Hernández Monzón, A. (2014). *Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo Pleurotus ostreatus*. La Habana: ICIDCA.
- Sadava, D., & Purves, W. (2009). *La ciencia de la biología : octava edición*. Madrid: Panamericana S.A.
- Salmones, D. (2017). *Pleurotus djamor, a mushroom with potential biotechnological application for the Neotropic*. Xalapa: Scielo.
- Sánchez Palacios, A. (2015). *Producción de hongos comestibles del género Pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de Quibdó*. Manizales. Obtenido de <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/11.pdf>
- Sánchez Palacios, A. (2015). *Producción de hongos comestibles del género Pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio e Quibdó*. Manizales.
- Sánchez, J. E., & Royse, D. J. (2017). *La biología, el cultivo y propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* Chiapas: ECOSUR.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (1989). *Preparación y evaluación de proyectos: Segunda edición*. Recuperado el 11 de 04 de 2021, de <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2013/03/Preparacion-Y-Evaluacion-De-Proyectos-Sapag-Sapag.pdf>
- Shatin, N. T. (1980). *Cultivation of Volvariella mushrooms in Southeast Asia*. Hong Kong: Mushroom newsletter for the tropics.

- Sierra Salas, F., & Orozco Idrobo, J. P. (2014). *Sistemas de cultivo para la gestión de hongos comestibles como complemento alimenticio dirigido a los habitantes de la comuna 18 de Cali para mejorar la seguridad alimentaria causada por la inaccesibilidad*. Cali: Universidad ICESI.
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., & Díaz, M. (2010). *Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake)*. Santiago de Chile: CONAMA.
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., & Díaz, M. (2010). *Manual para la producción de hongos comestibles (Shiitake)*. Santiago. Obtenido de <https://es.slideshare.net/soledadvargasolea/manual-produccionhongoscomestiblesshitake>
- Sonnenberg, A., & Baars, J. (2014). *Breeding for quality of button mushrooms: genetically dissecting bruising sensitivity and quality-related traits of Agaricus bisporus*. Wageningen: University & Research.
- Stamets, P., & Chilton, J. S. (1983). *The mushroom cultivator*. Washington: AGARIKON PRESS.
- Suarez Agudelo, J. M. (2012). *Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones*. Caldas: Infocafes.
- Tellería, M. T. (2011). *Los hongos*. Madrid .
- Thi Hoa, H., Wang, C.-L., & Wang, C.-H. (2015). *The Effects of Different Substrates on the Growth, Yield, and Nutritional Composition of Two Oyster Mushrooms (Pleurotus ostreatus and Pleurotus cystidiosus)*. Mycobiology.
- Torres López, R., & Hepperly, P. R. (1987). *Nutritional influences on Volvariella volvacea (Bull. ex. Fr) Sing. growth in Puerto Rico: I. Carbon and nitrogen*.
- Torres Narbona, M., Guinea, j., & Bouza, E. (2007). *Zigomicetos y zigomicosis en la era de las nuevas terapias antifúngicas*. Madrid: PROUS SCIENCE.
- Torres, D., & Bastidas, M. (2017). *Análisis ambiental debido a la transición energética de la cascarilla de café: caso de estudio en el municipio de Villanueva, La Guajira*. Villanueva: Revista Agunkuyâa.
- Toscano Morales, L. A. (2009). *Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa (Aplicación a biomasa locales típicas)*. Guayaquil: Revista Tecnológica ESPOL.
- Voltz, P. A. (1972). *Nutritional studies on species and mutants of Lepista, Cantharellus, Pleurotus and Volvariella*. Mycopathol Mycol Appl.
- Yung Chang, H., & N.T, Y. (1977). *Comparative study of the physiology of Volvariella volvacea and Coprinus cinereus*. ScienceDirect.
- Zuñiga Suarez, A. (201). *Caracterización residuos agroindustriales (Cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol*. Madrid : UNAN-Managua.

## Anexo 1

### Aprovechamiento de residuos orgánicos para el cultivo de los hongos comestibles:

*Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* & *Volvariella volvacea*.

#### *Pleurotus ostreatus*

Este hongo saprófito es conocido por sus pocos requerimientos nutricionales, su capacidad de degradar materiales lignocelulósicos, y su elevada adaptabilidad a diferentes ambientes. El tamaño de su píleo puede variar entre 5 a 20 cm dependiendo de su edad y las condiciones de crecimiento, dependiendo de esta última característica también puede variar su color, encontrando algunos con colores grises y oscuros si crecen en zonas frías, y colores pardos y claros si crece en zonas templadas.



### Requerimientos nutricionales

#### Carbono

Se recomienda buscar una buena fuente de carbono, ya que es un condicionante para el rendimiento de la biomasa.

#### Nitrógeno

En exceso puede inhibir el crecimiento del micelio, se recomienda que la concentración final se conserve entre 0,6 a 1,5 %.

#### Relación C/N

En la fase de crecimiento micelial se recomienda una alta relación de C/N, y para la fase de desarrollo de cuerpos fructíferos es recomendable una relación C/N baja.

Condiciones ambientales	Factor	Crecimiento del micelio	Fructificación
	Temperatura	20 a 25 °C	26 a 28 °C
Humedad relativa	Baja	80 a 95 %	
Humedad del sustrato	70%	50%	
Aireación (concentración CO <sub>2</sub> )	20 a 25 %	800 ppm o < 0.6 %	
Luminosidad	Oscuridad	150 a 200 lux	
pH	6.0 -7.0	6.5 – 7.0	

## *Agaricus bisporus*

Esta especie de hongos saprófitos se caracteriza por presentar sus carpóforos o setas redondeadas de color blanco con tamaño aproximado de 13 cm, y por la presencia de gran cantidad de laminillas en el himenio que se van oscureciendo hasta tornarse de con un color negro cuando una vez que el hongo se desarrolle por completo.



### Requerimientos nutricionales

#### Carbono

La fuente de este elemento son los hidratos de carbono presentes en la materia orgánica muerta.

#### Nitrógeno

Los compuestos nitrogenados son importantes en la nutrición de esta especie, ya que no asimila nitratos y solo soporta las sales amoniacales en concentraciones muy bajas.

#### Relación C/N

Se recomienda establecer una relación 24:1, en el crecimiento micelial se debe establecer una relación C/N más elevada que en la fase de fructificación.

### Condiciones ambientales

Etapa	Rango temperatura óptima [°C]	Humedad (%)	Ventilación	Luminosidad
<b>Inoculación del sustrato</b>	24-25	90-95	Escasa	Completa oscuridad
<b>Inducción a la fructificación</b>	17	-	Buena ventilación	Completa oscuridad
<b>Fructificación</b>	16-18	85-90	Contenido de CO <sub>2</sub> no debe rebasar el 0,1%	Completa oscuridad

## *Lentinula edodes*

Son hongos saprofiticos capaces de degradar sustratos de tipo leñosos difíciles de difícil descomposición por su cantidad de lignina, su sombrero llamado píleo es de color marrón oscuro y tiene un diámetro entre 5 a 20 cm, su forma es convexa y presenta algunas verrugas blancas al igual que sus laminillas que tienen forma plana. Su tallo o estípite presenta muchas fibras. Sus esporas son de color blanco y presentan una forma ovalada.



### Requerimientos nutricionales

#### Carbono

El carbono es el nutriente más importante para el shiitake, es el bloque de construcción para proteínas, ácidos nucleicos y

#### Nitrógeno

El nitrógeno es indispensable para construir protoplasma y elementos estructurales en las células del shiitake.

#### Relación C/N

Una relación de C/N de 25:1 es óptima para el crecimiento del micelio vegetativo, mientras que una relación C/N de 40:1 es mejor para la fase de reproducción del hongo.

#### Vitamina B1

Es necesaria para el crecimiento del micelio en el Shiitake y durante la fructificación; este compuesto, es sensible al calor, se descompone por encima de 120 °C por lo que se debe evitar el sobrecalentamiento durante la esterilización del sustrato.

#### Condiciones ambientales

Etapa	Rango de temperatura óptima [°C]	Humedad (%)	Ventilación	Luminosidad
Inoculación	24-28	70-80	Mínima	Completa oscuridad
Introducción a la fructificación	5-10	< 50 - > 75		Cambios bruscos
Fructificación	18-25	80-90	Baja	Inicial: Periodos de 10 h luz y 14 oscuridad Primeros primordios: 12 h luz y 12 h oscuridad

## *Volvariella volvacea*

Esta especie tiene como característica la forma convexa de su píleo, el cual puede medir entre 5 y 14 cm de diámetro, es liso y tiene forma de mamelón en su centro, es de color pardo o gris ocre; en el himenio presenta láminas de color blanco y al madurar se tornan de rosa salmón. Su pie o estípite tiene textura fibrosa y puede medir más de 2 cm de diámetro



### Requerimientos nutricionales

#### Carbono

Esta especie prefiere la celulosa y el almidón como fuente de carbono para su crecimiento.

#### Nitrógeno

El exceso de nitrógeno reduce el crecimiento de esta especie. El porcentaje de nitrógeno final debe de ser de alrededor un 6,9% de la base del peso seco.

#### Relación C/N

El crecimiento de esta especie se ve favorecido en relaciones C/N superiores a 60:1.

### Condiciones ambientales

<i>Etapa</i>	Rango temperatura óptima [°C]	Humedad (%)	Ventilación	Luminosidad
<i>Colonización del sustrato</i>	32 a 34	70-75	Escaza a media	No es requerida
<i>Inducción a la fructificación</i>	< 28		Cambios bruscos	
<i>Fructificación</i>	28 a 35	80-85	Muy buena	No es requerida

## PROCEDIMIENTO DEL CULTIVO

### SIEMBRA

1. Realizar la siembra en un lugar cerrado y esterilizado.
2. Elaborar la mezcla del sustrato de acuerdo a las proporciones establecidas de residuos orgánicos y aditivos.
3. Empacar la mezcla en bolsas de polietileno (Asegurarse de que compactado).
4. Después de cerrar las bolsas estas deben ser perforadas utilizando una aguja esterilizada y fina.

### INCUBACIÓN

1. En un cuarto cerrado, oscuro y limpio, acomodar las bolsas sobre los estantes metálicos.
2. Las bolsas deben ser revisadas diariamente y periódicamente se deben hacer monitoreos con el fin de detectar cualquier contaminación por otros hongos, bacterias, mosquitos, escarabajos u otro insecto.
3. Mantener las bolsas en la zona de incubación hasta que el micelio colonice todo el sustrato.

## PROCEDIMIENTO DEL CULTIVO

### PRODUCCIÓN

#### Introducción a la fructificación - fructificación

1. Mantener las bolsas en el mismo cuarto de incubación, abrirlas para humedecer el sustrato y suministrar todas las condiciones ambientales requeridas por cada especie.

### COSECHA Y POST COSECHA

1. Se deben seleccionar los hongos que se encuentren en su máximo desarrollo utilizando una navaja limpia.
2. Dependiendo de la especie cosechada, cada bolsa puede producir de 2 a 4 cosechas.
3. Posterior a la primera cosecha se tendrá un período de receso de 1 a 2 semanas para el siguiente corte, en este período se deben seguir controlando las condiciones ambientales.